



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal de Ouro Preto  
Escola de Minas - Departamento de Engenharia Civil  
Curso de Graduação em Engenharia Civil

---



**Larissa Valverde Uryu**

# **MUDANÇAS CLIMÁTICAS: CONSIDERAÇÕES SOBRE IMPACTOS NO ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO BRASIL**

Ouro Preto

2022

Mudanças climáticas: considerações sobre impactos no abastecimento de água do  
Brasil

Larissa Valverde Uryu

Trabalho Final de Curso apresentado  
como parte dos requisitos para obtenção  
do Grau de Engenharia Civil na  
Universidade Federal de Ouro Preto  
(UFOP).

Área de concentração: Saneamento

Orientador: Prof. D. Sc. Paulo de Castro Vieira - DEURB UFOP

Ouro Preto

2022

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

U72m Uryu, Larissa Valverde.

Mudanças climáticas [manuscrito]: considerações sobre impactos no abastecimento de água do Brasil. / Larissa Valverde Uryu. - 2022. 99 f.: il.: color., gráf., tab., mapa. + Quadro.

Orientador: Prof. Dr. Paulo de Castro Vieira.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Civil .

1. Mudanças climáticas. 2. Impactos. 3. Vulnerabilidade. 4. Recursos hídricos. 5. Água - Abastecimento. I. Vieira, Paulo de Castro. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 624

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita -CRB-1716



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
REITORIA  
ESCOLA DE MINAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA URBANA



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Larissa Valverde Uryu**

### **Mudanças climáticas: considerações sobre impactos no abastecimento de água do Brasil**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenharia Civil

Aprovada em 23 de junho de 2022

#### Membros da banca

[Doutor] - Paulo de Castro Vieira- Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)

[Doutora] - Ana Letícia Pilz de Castro - (Universidade Federal de Ouro Preto)

[Doutora] - Eliane Prado Cunha Costa dos Santos - (Universidade Federal de São João del-Rei)

[Paulo de Castro Vieira], orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 28/06/2022



Documento assinado eletronicamente por **Paulo de Castro Vieira, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 28/06/2022, às 12:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0353023** e o código CRC **2EA163F4**.

**Referência:** Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.008511/2022-81

SEI nº 0353023

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000  
Telefone: (31)3559-1471 - www.ufop.br

## Dedicatória

A mim mesma, por ter perseverado e me esforçado até aqui. Este trabalho foi desenvolvido pensando em meu maior desafio: o de **existir** em paz com o **fazer** no mundo.

À minha família, Silvana, Jeimus, Leonardo e Kazuko, pelo apoio ilimitado e incondicional, por me inspirarem, pelos exemplos, pelas lições de amor, pelo afeto e presenças na distância. Vocês vivem em meu coração.

Ao meu irmão, Leonardo, por me inspirar em seus passos e por compartilhar de particularidades que só o nosso laço me permitirá nessa vida.

Ao meu companheiro, Filipe, por me inspirar, pela paciência e escuta, pelo amor e cuidados diários.

## **Agradecimentos**

Ao professor Paulo, meu orientador, pela confiança, compreensão, paciência e reflexões importantes durante nossas reuniões. Obrigada por ter me direcionado e por me motivar a fazer meu melhor, em uma temática ousada para o escopo tradicional do curso.

Aos professores, funcionários, técnicos e servidores da Universidade Federal de Ouro Preto, pelo compromisso com a universidade, com o ensino de qualidade e por colaborarem com a formação humana de todos que por ela passam.

Às entidades estudantis (todas e em especial às que pude participar: Centro Acadêmico de Engenharia Civil, Civil Nota 5 e Civil Jr.) e à PRECAM, pela expansão de horizontes interna que me proporcionaram e por atuarem visando impactos positivos no contexto ouropretano.

À Universidade Federal de Ouro Preto, instituição pública de qualidade e imensa dentro do contexto em que se insere. Por tudo o que representa, para além do ensino, pesquisa e extensão, e por propiciar um ecossistema tão rico.

Aos meus amigos de turma 15.2 (incluindo os que mudaram suas rotas e/ou não formaram por aqui) e, principalmente aos queridos que saberão ao aqui ler, agradeço-lhes pelos caminhos cruzados, pelo afeto, acolhimento e crescimento. A todos os colegas das turmas, com quem direta ou indiretamente passei horas e horas em sala de aula.

Aos que me acolheram aqui em Ouro Preto e Mariana e especialmente aos que se fazem amigos.

Às gerações anteriores, futuras e atuais de pessoas, ativistas, povos, comunidades e trabalhadores que lutam e atuam, como podem, para a construção de um mundo mais justo e respeitoso.

A você, que chegou a este trabalho. Espero que contribua e te sensibilize em algum sentido. Que ele possa alcançar a quem mais ajudariam esses conhecimentos.

*“Do nosso divórcio das integrações e interações com a nossa mãe, a Terra, resulta que ela está nos deixando órfãos.”*

*Ailton Krenak*

## Resumo

A ainda vigente pandemia de Covid-19 escancarou as fragilidades da organização social quanto a serviços básicos, como o acesso à água. Eventos climáticos extremos são cada vez mais frequentes no mundo e no Brasil. Aqueles relacionados aos recursos hídricos impactam diversas estruturas e aparatos funcionais, como o abastecimento de água público, e reverberam na saúde pública e na qualidade de vida da população. Assim, o objetivo deste trabalho foi levantar considerações e análises sobre impactos das mudanças climáticas nos sistemas de abastecimento de água no Brasil. A metodologia da pesquisa foi revisão bibliográfica qualitativa, com finalidade explicativa: se propôs a esclarecer informações, conceitos e apresentar fatores contribuintes para a temática a partir de análise documental e bibliográfica nas duas últimas décadas. Como resultados no Brasil, o panorama do abastecimento de água não é favorável e as lacunas já existentes podem ser agravadas com as mudanças climáticas, cujas previsões não são positivas para as próximas décadas. As alterações climáticas estão associadas ao saneamento básico ao influenciarem os processos e aspectos de consumo, quantidade e qualidade das águas, desestabilização de margens de rios, descarga de sedimentos, vegetação, migração populacional, características do uso e ocupação do solo. O uso e ocupação do solo em grandes centros urbanos, o modelo de produção social vigente e seus condicionantes, dificultam o manejo dos danos e impactos. Os eventos hidrológicos se relacionam com as mudanças climáticas observadas a níveis local, regional, mas também global. A adaptação e mitigação aos efeitos climáticos adversos ainda é tímida no país. Assim, foi possível concluir que os impactos das mudanças climáticas alcançam os âmbitos ambiental, social, humano e econômico e o abastecimento de água. Além de permearem tais âmbitos transversalmente, ocorrem de maneira desigual e desproporcional para grupos historicamente excluídos, sujeitos a injustiças climáticas e racismo ambiental. É necessário aprimorar a gestão dos desastres e que o planejamento existente do abastecimento de água inclua nas agendas a pauta das mudanças climáticas, o que significa a avaliação dos riscos associados aos perigos (condições ambientais e magnitude dos eventos) e às vulnerabilidades (condições sociais, desigualdades, diferentes capacidades de adaptação, resistência e resiliência) que essas trazem e, por conseguinte, a inserção dos grupos mais impactados para a escuta e participação colaborativa nas resoluções.

Palavras-chaves: Mudanças-climáticas, Impactos, Vulnerabilidade, Recursos-hídricos, Abastecimento-de-água.

## **Abstract**

The current Covid-19 pandemic has opened up the fragilities of the social organization regarding basic services, such as access to water. Extreme weather events are becoming more frequent in the world and in Brazil. Those related to water resources impact various structures and functional devices, such as public water supply, and reverberate in public health and the population's quality of life. Thus, the objective of this study was to raise considerations and analyses about the impacts of climate change on water supply systems in Brazil. The methodology of the research was a qualitative bibliographic review, with explanatory purpose: it was proposed to clarify information, concepts and present contributing factors to the theme from document and bibliographic analysis. As a result in Brazil, the panorama of water supply is not favorable and the existing gaps may be aggravated by climate change, whose forecasts are not positive for the next decades. Climate change is linked to basic sanitation by influencing processes and aspects of water consumption, quantity and quality, destabilization of river banks, sediment discharge, vegetation, population migration, characteristics of land use and occupation. The use and occupation of land in large urban centers, the prevailing social production model and its conditions, hinder the management of damages and impacts. The hydrological events relate to the climatic changes observed at local, regional, but also global levels. Adaptation and mitigation to adverse climatic effects is still timid in the country. Thus, it was possible to conclude that the impacts of climate change reach the environmental, social, human and economic spheres and the water supply. In addition to permeating such areas across the board, they occur unevenly and disproportionately for historically excluded groups, subject to climate injustices and environmental racism. It is necessary to improve disaster management and that existing water supply planning includes the agenda of climate change, which means the assessment of risks associated with hazards (environmental conditions and magnitude of events) and vulnerabilities (social conditions, inequalities, different capacities of adaptation, resistance and resilience) that these bring and, therefore, the insertion of the groups most impacted for listening and collaborative participation in resolutions.

**Keywords:** Climate-change, Impacts, Vulnerability, Water-resources, Water-supply.

## **Lista de Figuras**

Figura 1: Fluxo de um sistema de abastecimento de água tradicional.

Figura 2: Variação (em %) estimada da precipitação no planeta em relação aos níveis históricos.

Figura 3: Número de desabrigados ou desalojados por eventos hidrológicos (RI029 e RI067), nos municípios participantes do SNIS- AP 2019, por região geográfica, capitais de estado e Brasil.

Figura 4: Desabrigados e desalojados por eventos hidrológicos (RI029 e RI067), nos municípios participantes do SNIS- AP 2018 e 2019, por região geográfica e Brasil.

Figura 5: Municípios de Minas Gerais que decretaram SE ou ECP por seca ou estiagem entre 2003 e 2017.

Figura 6: Mapa de Minas Gerais com o quantitativo de decretos de SE ou ECP por seca ou estiagem entre 2003 e 2017.

Figura 7: Principais problemas globais afetando serviços dos ecossistemas aquáticos e disponibilidade de água e a qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

Figura 8: Consequências das mudanças climáticas sobre o Serviço de Abastecimento de Água e Esgoto Sanitário (SAA&ES) em cenário de seca.

Figura 9: Possíveis caminhos dos efeitos das mudanças climáticas sobre as condições de saúde humana.

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1: Componentes de um sistema de abastecimento de água tradicional e suas finalidades.

## **Lista de Quadros**

Quadro 1: Consequências das enchentes para a infraestrutura local, serviços, economia e sociedade local.

Quadro 2: Tipologias de danos decorrentes de inundações em áreas urbanas.

Quadro 3: Índices de água, esgoto e perdas de água na distribuição.

Quadro 4: Consequências ambientais das enchentes.

Quadro 5: Exemplos de ações a serem desenvolvidas no sistema de abastecimento de água para aumentar a resiliência.

Quadro 6: Relação dos quatro primeiros níveis do modelo proposto.

## Lista de Siglas

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

APPs - Áreas de Proteção Permanente

AR6 - Sexto Ciclo de Avaliação

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

COP - Conferência das Partes

DMAPU - Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

ECP - Evento de Calamidade Pública

ETA - Estação de Tratamento de Água

ETAs - Estações de Tratamento de Água

FNMC - Fundo Nacional sobre Mudança do Clima

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

GEE - gases de efeito estufa

GTSC A2030 - Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPCC - *Intergovernmental Panel For Climate Change* (Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima)

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IQA - Índice de Qualidade de Água

IUCN - União Internacional para Conservação da Natureza

MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional

MMA - Ministério do Meio Ambiente

OC - Observatório do Clima

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

OMM - Organização Meteorológica Mundial

OMS - Organização Mundial da Saúde

ONU - Organização das Nações Unidas

Plansab - Plano Nacional de Saneamento Básico

PMSB - Planos Municipais de Saneamento Básico

PNA - Plano Nacional de Adaptação à Mudança Climática

PNMA - Política Nacional de Meio Ambiente

PNMC - Política Nacional sobre Mudança do Clima

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos

RMSP - Região Metropolitana de São Paulo

SAA - Serviço de Abastecimento de Água

SAA&ES - Serviço de Abastecimento de Água e Esgoto Sanitário

SE - Situação de Emergência

Sisagua - Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SVS - Secretaria de Vigilância em Saúde

TSM - Temperatura da Superfície do Mar

UGRH - Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos

UNFCCC - *United Nations Framework Convention on Climate Change*

UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância

Vigiagua - Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano

WASH - *Water, Sanitation and Hygiene* (ou ASH - Água, Saneamento e Higiene)

WG - *Work Group* (ou GT - Grupo de Trabalho)

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Objetivo.....	4
1.1.1	Objetivos Específicos.....	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1	Abastecimento de água: nuances e aspectos.....	5
2.1.1	Saneamento básico.....	5
2.1.2	Componentes do sistema de abastecimento de água.....	6
2.1.3	Aspectos ambientais do abastecimento de água.....	9
2.1.4	Aspectos sociais do abastecimento de água.....	10
2.1.5	Aspectos econômicos do abastecimento de água.....	12
2.1.6	Planejamento existente.....	13
2.2	Mudanças climáticas.....	16
2.2.1	Mudanças climáticas e conceitos.....	16
2.2.2	Impactos das mudanças climáticas.....	19
2.2.3	Mudanças climáticas e recursos hídricos.....	22
2.2.4	Impactos das mudanças climáticas nos recursos hídricos.....	26
2.2.5	Adaptação às mudanças climáticas.....	37
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	42
3.1	Levantamento de Dados.....	42
3.2	Análise das informações coletadas.....	43
3.3	Conclusão.....	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	45
4.1	Panorama atual das condições de abastecimento de água.....	45

4.2	Impactos das mudanças climáticas nos sistemas de abastecimento de água.....	48
4.3	Considerações sobre impactos das mudanças climáticas .....	55
4.4	Considerações finais: vulnerabilidade e resiliência de sistemas de abastecimento de água .....	61
5	CONCLUSÃO .....	67
5.1	Sugestões para trabalhos futuros.....	68
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	70

# 1 INTRODUÇÃO

A recente e ainda vigente pandemia de Covid-19 evidenciou a vulnerabilidade de diversos serviços e estruturas da sociedade, como a urgência da garantia do direito ao saneamento básico e, especialmente, o acesso à água potável. A manutenção de bons hábitos higiênicos está entre as principais recomendações das autoridades de saúde para a redução da velocidade da transmissão do vírus desde o início da pandemia, em meados de março de 2020 (OMS, 2020). Como orienta a Unicef, a lavagem frequente e adequada das mãos com água e sabão é uma das medidas mais importantes para a prevenção e o controle da infecção pelo novo coronavírus e, portanto, o acesso contínuo e a qualidade dos serviços de água e esgoto, e higiene devem ser garantidos nos domicílios, estabelecimentos de saúde, escolas e outros espaços públicos (UNICEF, 2020).

Porém, é relevante considerar o grande número de pessoas que não podem lavar as mãos com água e sabão frequentemente. Segundo o Ministério do Desenvolvimento Regional, 33 milhões de brasileiros não recebem água encanada em suas residências (MDR, 2018). Assim, fica evidente como a limitação e as desigualdades quanto ao acesso à água potável e de qualidade para consumo e higiene, frente a eventos excepcionais (ou até cotidianamente), podem impactar seriamente as vidas e condições mínimas de dignidade do ser humano.

É inegável a importância da água para a saúde e a vida humana. Em algumas situações, entretanto, a água pode causar problemas e até mesmo ameaças à vida (LONDE et al., 2014). A Organização das Nações Unidas (ONU) prevê o risco de conflitos pela água em 46 países em um futuro próximo (CHADE, 2008). O “Relatório de progresso global sobre água, saneamento e higiene nas unidades de saúde: fundamentos em primeiro lugar”, prevê que o impacto das mudanças climáticas, que já está colocando sob estresse a distribuição e manutenção de serviços públicos de saúde, irá aumentar nos próximos anos. Globalmente, há grandes lacunas nos serviços de água básica, saneamento e higiene (WASH) em estabelecimentos de cuidados de saúde (WHO, 2009). E as evidências indicam que as pessoas vivendo em países em desenvolvimento serão pior atingidas pelos impactos, especialmente aquelas vivendo em situações marginalizadas e de vulnerabilidade (UNICEF & OMS, 2020).

A mudança do clima pode ser considerada o grande debate das últimas décadas - e talvez o desafio principal trazido pelo Antropoceno (MENDES, 2020) -, sendo cada vez mais urgente e atual, já que se relaciona não apenas ao aquecimento global, mas também a eventos climáticos extremos. Como consequências das alterações das temperaturas, são observadas mudanças globais e regionais de precipitação, que alteram os padrões de chuvas e as estações agrícolas, e geram dificuldades de produção de alimentos, migrações em massa, surgimento de novas doenças, entre outros. Portanto, tem provocado grande impacto na segurança, saúde e bem-estar humano (ONU, 2015; VENTURA, FERNÁNDEZ GARCÍA & ANDRADE, 2019).

No que tange os recursos hídricos, está exacerbando tanto a escassez quanto outros riscos relacionados à água, como as enchentes. A Organização Meteorológica Mundial (OMM) estima que, nos últimos 19 anos, ao redor do mundo, enquanto a seca causou 29% dos desastres climáticos, os episódios de enchentes somaram 44% e afetaram 1,6 bilhão de pessoas. Atualmente, 3,6 bilhões de pessoas em todo o mundo enfrentam dificuldade para ter acesso à água pelo menos um mês por ano e o número deve ultrapassar os cinco bilhões até 2050 (ONU, 2021).

Nesse sentido, os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário também são impactados pelas incertezas provenientes da variabilidade climática (WHO, 2009; NHAMO & NHEMACHENA, 2019; HOWARD et al., 2010). O cenário da redução da disponibilidade de água pode culminar na secagem de poços (WHO, 2009; IPCC, 2014a; KHAN et al., 2015), no aumento das distâncias a serem percorridas para a coleta de água e na interferência da qualidade da mesma (WHO, 2009; DELPLA et al., 2009; HOWARD et al., 2010; LUH et al., 2017; IPCC, 2014a; KHAN et al., 2015). Um impacto indireto do efeito da variabilidade climática são as interrupções no fornecimento de energia elétrica, que podem inviabilizar a universalização do SAA&ES (ARENALES, 2019).

O índice de atendimento com água utilizado pelo SNIS representa a disponibilidade da rede pública de distribuição que está sendo efetivamente utilizada pela população. De acordo com o SNIS, em 2020, aproximadamente 175,5 milhões de pessoas no Brasil são atendidas por um sistema de abastecimento de água completo ou simplificado (índice de atendimento de 84,2% da população total residente). As diferentes condições socioeconômicas entre as macrorregiões no país

são refletidas diretamente nos seus índices de atendimento: Norte e Nordeste contam com 58,9% e 74,9% de atendimento, respectivamente, ao passo que Centro-Oeste, Sul e Sudeste, 90,9%, 91,0% e 91,3%, respectivamente (SNIS, 2021).

Não obstante, é relevante considerar se essas pessoas estão de fato conectadas à rede, possuem regularidade e qualidade no fornecimento de água potável. Segundo o Instituto Água e Saneamento (IAS, 2021), os indicadores do Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), que classificam o atendimento nas categorias “adequado”, “precário” e “sem atendimento” são mais precisos. Segundo eles, apenas 57,7% da população brasileira conta com atendimento adequado de abastecimento de água, parcela bem diferente dos 83,7% atendidos pela rede pública (PLANSAB, 2019) ou 84,2% (SNIS, 2021) divulgados largamente nos meios de comunicação (IAS, 2021).

Assim, para além dos já complexos e extensos desafios impostos para a gestão do abastecimento de água público no Brasil e apesar de alguns indicadores se mostrarem promissores, deve-se considerar as tensões já geradas e futuras devido às mudanças climáticas, que podem piorar o cenário e comprometer avanços. Mesmo com os desafios e complexidades em torno do planejamento dos sistemas de abastecimento de água (MYSIAK et al., 2010) - grande variedade de cenários climáticos previstos, as dificuldades metodológicas, dos custos e incertezas associados, a crescente demanda de diferentes setores e usuários de água - torna-se imprescindível considerar as incertezas das mudanças climáticas e, principalmente, inseri-las como pauta nas agendas. Assim, decisões podem ser tomadas tendo em vista medidas preventivas e/ou adaptativas no sentido de evitar racionamento, conflitos ou até mesmo falhas severas ao abastecimento humano (SILVA et al., 2011).

Portanto, é relevante que a gestão dos sistemas de abastecimento esteja associada à correção e redução das perdas, bem como ao desenvolvimento de resiliência do setor de saneamento para que, assim, os impactos das mudanças climáticas sejam reduzidos (ARENALES, 2019). Essa resiliência poderá ser alcançada baseada em estratégias de caráter político-institucional, técnico, ambiental, econômico e social (PAGELER, 2009).

Ao reconhecer e dimensionar os impactos que essa temática está circunscrita, é relevante pontuar a responsabilidade pela governança da água tanto a nível de

infraestrutura, como de gestão. Isto posto, os profissionais envolvidos com a engenharia civil e o saneamento necessitam olhar para além do aspecto construtivo. Ou seja, necessitam compreender os contextos do uso e da ocupação dos espaços pelos sistemas construtivos dos sistemas de abastecimento de água; e se pautarem pelas perspectivas a médio-longo prazo trazidas pelas mudanças climáticas, de forma a contribuir para atenuar os impactos ambientais, sociais e econômicos e cultivar a resiliência.

Nesse sentido e, perante ao cenário de mudanças climáticas e ambientais em escala global, de muitas incertezas e passos lentos na agenda do Brasil, o trabalho tem como objetivo levantar e analisar o que está sendo observado e trabalhado em relação aos impactos, em suas diversas nuances, das mudanças climáticas nos sistemas de abastecimento de água no país. Espera-se que sejam reunidas informações relevantes a respeito, para que a busca pela ampliação da disponibilidade e do acesso universal à água seja continuada, principalmente a partir dos instrumentos existentes na legislação.

## **1.1 Objetivo**

O objetivo do presente trabalho foi levantar considerações e análises acerca das mudanças climáticas e seus impactos no abastecimento de água público no Brasil nas duas últimas décadas.

### **1.1.1 Objetivos Específicos**

Levantar um panorama atual acerca das condições de sistemas de abastecimento de água público.

Analisar os impactos das mudanças climáticas e as relações com os recursos hídricos e mananciais de sistemas de abastecimento de água.

Analisar os impactos das mudanças climáticas e as relações com os sistemas de abastecimento de água público.

Levantar considerações acerca de adaptação climática, resiliência e vulnerabilidade de sistemas de abastecimento de água.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Abastecimento de água: nuances e aspectos**

#### **2.1.1 Saneamento básico**

Conforme o “Panorama do Saneamento Básico do Brasil de 2021” (BRASIL, 2021), por saneamento básico, se compreende os serviços em áreas urbanas de: abastecimento de água; esgotamento sanitário (coleta e tratamento de esgotos); limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos (coleta e destinação do lixo); e drenagem e manejo da água pluvial. Ainda que consistam em dimensões com peculiaridades distintas, são interdependentes, ou seja, o desempenho de uma afeta o da outra e, portanto, interferem diretamente na qualidade de vida da população e do ambiente ao redor. Ademais, são multidisciplinares e devem ser consideradas as constantes mudanças (populacionais, políticas, econômicas, ambientais, tecnológicas) resultantes do desenvolvimento urbano e suas nuances (PHILIP & SALIAN, 2011).

O direito à água é um direito fundamental reconhecido expressamente pelo Conselho dos Direitos Humanos da ONU, em suas resoluções n.s 15/9, de 2010, e 11/8, de 2011. Segundo Bolson e Haonat (2016), dessa maneira, o alcance do reconhecimento desse direito é enorme, pois, além de balizador e guia para a formulação de (futuras) legislações nacionais, reforça aquelas que assim o preveem e estabelece um novo marco temporal na história da luta pela proteção da água. O direito à água deve ser compreendido como direito humano de acesso à água e ao saneamento; e possui quatro dimensões: “1ª) a humanitária e do mínimo existencial, ou seja, aquela que obriga a garantir condições de acesso a uma quantia mínima de água para a sobrevivência humana; 2ª) a social, pela qual o acesso à água é um elemento de inclusão social; 3ª) a sanitária, segundo a qual se deve garantir a potabilidade das águas; 4ª) a econômica, que traz a noção da limitação de volume do recurso natural e da necessidade de investimentos para a construção de uma adequada infraestrutura sanitária” (BOLSON & HAONAT, 2016).

Segundo Ribeiro (2019), como dispositivo constitucional do direito difuso, refere-se ao interesse de todos e baseia-se na prerrogativa da participação social, através das organizações representativas da sociedade. É mencionado ao longo da

Constituição Federal (BRASIL, 1988): “no art. 21º, inciso XX, que trata das competências da União para instituir diretrizes para a prestação dos serviços públicos; no art. 23, inciso IX, que trata das competências comuns da União, estados, Distrito Federal e municípios para promover programas de construção de moradias e melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico; e no art. 200, inciso IV, que trata da atribuição do sistema único de saúde de participar da formulação das ações de saneamento básico” (RIBEIRO, 2019).

O saneamento básico deve ser tratado como direito, serviço e saúde pública. Para tal, é crucial integrar também a proteção ao meio ambiente no âmbito da visão de desenvolvimento dos modelos de produção, relações e trocas em sociedade (PHILIP et al., 2011). Assim, o acesso à água em qualidade e quantidade associa-se à crise climática e à escassez hídrica. Como os sistemas de abastecimento de água públicos são um dos principais componentes do saneamento básico em áreas urbanas, é extremamente relevante refletir como se apresentam tradicionalmente no Brasil e como as mudanças climáticas estão afetando-o.

Ainda que, segundo o “Panorama do Saneamento Básico do Brasil de 2021” (BRASIL, 2021), nas localidades em que estão presentes, os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário sejam os mais consolidados e organizados no país - seguidos da limpeza e manejo de resíduos sólidos urbanos - ainda é deficitário em diversos aspectos e tem se mostrado vulnerável às mudanças climáticas, que geram impactos e danos em frequência e intensidade cada vez maiores, e em escalas desiguais dentre as regiões do Brasil.

### **2.1.2 Componentes do sistema de abastecimento de água**

Segundo o Atlas de Saneamento de 2011 (IBGE, 2011), abastecimento de água é o abastecimento através de rede geral ou outra condição. Logo, além da rede geral, a rede pública de abastecimento (solução pública coletiva), há soluções (soluções alternativas) aplicadas e aplicáveis em áreas periféricas, em áreas rurais com baixa densidade populacional ou, ainda, como solução provisória em áreas urbanas. Podem ser coletivas ou individuais (quando atendem a um único domicílio) e se dão através de fonte, bica, mina, poço particular, poço comunitário, distribuição por veículo transporta em regime de concessão ou permissão (caminhão-pipa), instalações condominiais horizontal ou vertical, entre outras (TRATA BRASIL, 2012).

As soluções alternativas (incluindo sistemas individuais) são soluções que demandam cuidado quando em centros urbanos, pois suas fontes encontram, geralmente, expostas a altos níveis de contaminação - embora indicados para as áreas rurais onde a população é dispersa e para as áreas periféricas de centros urbanos, para comunidades urbanas com características rurais ou, ainda, para as áreas urbanas, como solução provisória, enquanto se aguardam soluções mais adequadas. Mesmo para pequenas comunidades e para áreas periféricas, a solução coletiva é, atualmente, possível e economicamente interessante, desde que se adotem projetos adequados (SOARES, 2002).

De acordo com a Portaria N° 888, de 4 de maio de 2021 (MS, 2021), a instalação composta por obras de engenharia, desde a zona de captação até as ligações prediais, que visam fornecer água potável utilizando redes de distribuição a uma determinada comunidade sem riscos à saúde, é denominada sistema de abastecimento de água para consumo humano (BRASIL, 2021). Para ilustração, segue a seguir um fluxo típico na Figura 1. Conforme apresentado na Tabela 1 adiante, a partir do “Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto de 2021” do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no Brasil, um sistema de abastecimento de água (solução pública coletiva) contempla as unidades de: captação de água bruta, adução (água bruta ou água tratada), tratamento, reservação e distribuição da água tratada (SNIS, 2021; GOMES, 2004; PHILIPPI JR & MARTINS, 2005).



**Figura 1: Fluxo de um sistema de abastecimento de água tradicional. Fonte: Alfacom (2022).**

**Tabela 1: Componentes de um sistema de abastecimento de água tradicional e suas finalidades. Fonte: Elaboração própria, com base no Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto de 2021 (SNIS, 2021).**

Componente	Processo	Local	Finalidade
Captação		Manancial ou corpo hídrico	Captação e condução da água bruta para a estação de tratamento de água (ETA). Adutora, estação elevatória ou de recalque (bomba).
Tratamento na ETA	Reservação	Tanque	Adição de produtos químicos. A água bruta passa por processos físicos e químicos para adequação da qualidade e potabilidade, de forma que o nível de tratamento aplicado depende da qualidade da origem.
	Coagulação	Câmara de floculação	Coagulantes são adicionados (principalmente sulfato de alumínio ou cloreto férrico) para aglomerar partículas pequenas, que se transformam em flocos
	Floculação	Câmara de floculação	A água coagulada é submetida à movimentação coordenada, que aglomera e aumenta o tamanho dos flocos.
	Sedimentação	Tanque de sedimentação	Decantação: os flocos mais densos se sedimentam e se acumulam no fundo de um tanque. Há separação de fases da água e a que segue para a filtração, já apresenta uma menor concentração de partículas ou turbidez (água clarificada).
	Filtração	Filtro	A água passa por material filtrante (areia ou outro), onde são retidas partículas, como eventuais microrganismos presentes. A água já está praticamente livre de partículas.
	Desinfecção	Clorador	Em concentrações adequadamente específicas para a qualidade da água almejada: adição de cloro ou outros agentes desinfetantes (para controlar a disseminação de doenças de veiculação hídrica durante o abastecimento)
	Fluoretação	Clorador	Em concentrações adequadamente específicas para a qualidade da água almejada: adição de flúor (em concentrações adequadamente específicas para a qualidade da água almejada, para reduzir a incidência de cárie dentária)
Reservação		Reservatório	A água tratada é armazenada e fica disponível para atender à demanda e às variações de consumo dos usuários (ao longo do dia, como em horários de pico, e ao longo dos dias do ano). Adutora, estação elevatória ou de recalque (bomba).
Distribuição		Rede de distribuição	A água tratada é direcionada dos reservatórios para os usuários. Cada imóvel é conectado através dos ramais ou ligações domiciliares, por onde os consumidores recebem a água pronta para o uso. Adutora, estação elevatória ou de recalque (bomba).

### **2.1.3 Aspectos ambientais do abastecimento de água**

A captação de água (ou derivação de água), segundo o “Atlas do Saneamento” (IBGE, 2011), é a tomada de água do manancial hídrico (superficial ou subterrâneo) e abrange toda retirada, recolhimento ou aproveitamento de água, para qualquer fim. Portanto, compreende a primeira unidade do sistema de abastecimento e ocorre mediante obras de engenharia para viabilizar um conjunto de equipamentos e instalações (IBGE, 2011).

A captação é classificada a partir da origem do manancial em: superficial, subterrânea (poço profundo e poço raso): se o manancial for superficial, o corpo hídrico pode ser um rio, córrego, ribeirão, lago, lagoa, açude, represa, fonte, nascente, ou outros, desde que tenham o espelho d’água na superfície do terreno. Nesse caso, a captação superficial pode ser a fio d’água ou por meio de barragem de regularização de vazão. Se o manancial for subterrâneo, o corpo hídrico pode ser um aquífero confinado ou aquífero não confinado - denominados, respectivamente, artesianos e freáticos. Nesse caso, a captação subterrânea pode ser através de poços tubulares rasos (de água de lençóis situados entre as camadas impermeáveis) ou profundos (de água de lençol freático, ou seja, de água que se encontra acima da primeira camada impermeável do solo) (TRATA BRASIL, 2012; IBGE, 2011).

A escolha da fonte de abastecimento é muito relevante e impacta significativamente a concepção e a operação de um sistema de abastecimento de água como um todo. Assim, busca-se o melhor manancial ou corpo hídrico para as especificidades necessárias, de forma que seja bem localizado, capaz de atender à demanda da comunidade (em quantidade e qualidade) para o tempo projetado, considerando a expansão urbana e o crescimento populacional, e sejam conhecidas as atividades que o impactam e quais podem ser impactadas por ele, direta ou indiretamente (SNIS, 2021).

A disponibilidade de água superficial, apesar da relevante influência da regularização do fluxo de água dos rios pelos reservatórios, é garantida pela contribuição de água dos aquíferos, que representam o fluxo de base da maior parte dos rios em território nacional. As extrações de águas subterrâneas podem reduzir esse fluxo e impactar as vazões dos rios. Por isso, para definir a disponibilidade hídrica subterrânea, é importante utilizar apenas uma parcela das reservas renováveis dos

aquíferos (uma parcela da recarga) de modo que o restante seja destinado à manutenção das vazões dos rios. (ANA, 2022).

Das águas superficiais, o Brasil concentra aproximadamente 12% do planeta, com 8 grandes bacias em seu território (SUASSUNA, 2004; ISA, 2005). A região Sudeste, entretanto, com o maior contingente da população, tem apenas 6% dos recursos hídricos disponíveis e uma alta demanda destes recursos para indústria, agricultura, irrigação, geração de energia hidroelétrica e abastecimento público (ISA, 2005; LONDE et al., 2014). Estima-se que a disponibilidade de água subterrânea no Brasil seja em torno de 13.205 m<sup>3</sup>/s e, da mesma forma como ocorre com as águas superficiais, sua distribuição pelo território nacional não é uniforme e as características hidrogeológicas e de produtividade dos aquíferos são variáveis, ocorrendo regiões de escassez e outras com relativa abundância (ANA, 2022).

Assim, dentro de um contexto ideal de gestão, o suprimento de água deveria contar com águas superficiais e, como recursos complementares, de aquíferos (CARY et al., 2013; FOSTER et al., 2013; HIRATA et al., 2012; SUHOGUSOFF et al., 2013). A distribuição dos recursos hídricos no país aponta para racionamentos cada vez mais frequentes (com seus consequentes impactos) em um futuro próximo. O desafio, neste cenário, é de melhorar a gestão e manejo dos recursos hídricos para prevenir desastres apropriadamente (LONDE et al., 2014).

#### **2.1.4 Aspectos sociais do abastecimento de água**

Conforme o “Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto de 2021” (SNIS, 2021), os serviços de saneamento são determinantes e devem ser orientados pela visão integrada dos quatro componentes e sua articulação com políticas de desenvolvimento urbano e regional, habitação, combate à pobreza e de sua erradicação, proteção ambiental, promoção da saúde, recursos hídricos e outras áreas de interesse social relevante destinadas à melhoria da qualidade de vida (SNIS, 2021).

Segundo a Portaria N° 888 do Ministério da Saúde (MS, 2021), um sistema de abastecimento de água para consumo humano é a solução coletiva em que há a instalação de um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição. Sob a responsabilidade do poder

público, mesmo que administrado em regime de concessão ou permissão, objetiva assegurar acesso à água tratada, provendo parte da infraestrutura das cidades (SNIS, 2021).

Ou seja, caracteriza-se pela captação da água do meio natural, adequação de sua qualidade ao padrão potável, transporte até os aglomerados humanos e fornecimento à população em qualidade, quantidade e disponibilidade compatível com as suas necessidades (TRATA BRASIL, 2012). Por constituir um serviço que assegura melhoria e bem-estar da população, traz efeitos positivos (CAIRNCROSS, 1989; VANDERSLICE & BRISCOE, 1995), pois transforma, após a remoção de contaminantes, água inadequada para o consumo humano em um produto que esteja de acordo com padrões de potabilidade (SOARES et al., 2002). Assim, também possui a finalidade de assegurar segurança e conforto à população e, prioritariamente, superar os riscos à saúde pública sanitária impostos pela água (TRATA BRASIL, 2012).

A Constituição Federal de 1988 estabeleceu, no artigo 21, ser competência da União “elaborar e executar planos nacionais e regionais de ordenação do território e de desenvolvimento econômico e social” e “instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos” (BRASIL, 1988). Nesse sentido, como diretriz da Política Urbana, na Lei N° 10.257/2001 (BRASIL, 2001), artigo 2, está a garantia do direito ao saneamento e o estabelecimento da competência acerca das questões da política urbana à União; e, no artigo 3, o saneamento básico está explicitamente incluído no rol de atribuições de interesse dessa política (PLANSAB, 2019).

A Lei N° 8.080/1990 (BRASIL, 1990), que criou o Sistema Único de Saúde (SUS), trouxe como sua obrigação promover, proteger e recuperar a saúde, o que engloba ações de saneamento básico e de vigilância sanitária. A noção de saúde considera como fatores determinantes e condicionantes, entre outros, a alimentação, a moradia, o saneamento básico, o meio ambiente, o trabalho, a renda, a educação, o transporte, o lazer e o acesso aos bens e serviços essenciais. Assim, o saneamento básico assume papel central na política de saúde pública, em diversas de suas definições e determinações (PLANSAB, 2019).

Desde 2007 e em escala global, a população urbana já supera a rural. Até 2050, estima-se que o percentual da população mundial que vive em cidades aumente de 55% para 68%. Conforme Maimunah Mohd Sharif, diretora executiva do ONU-Habitat, as áreas urbanas absorverão todo o crescimento populacional do mundo e espera-se que todas as regiões se tornem mais urbanizadas, sendo algumas em um ritmo acelerado (BRASIL, 2022).

Segundo Silveira (2019), os conflitos socioambientais vêm se intensificando no Brasil na última década, envolvendo tanto populações das áreas urbanas como rurais. E aqueles relacionados à água expõem aos maiores riscos a população mais pobre na cidade e no campo. Assim, as políticas de saneamento básico, especialmente de abastecimento humano, sobre os usos indispensáveis devem estar em pauta prioritária, tendo em vista o acirramento causado por contextos de crise e escassez (SILVEIRA, 2019).

#### **2.1.5 Aspectos econômicos do abastecimento de água**

A Lei Complementar N° 141/2012 (BRASIL, 2012) incluiu as despesas com saneamento básico de pequenas comunidades de distritos sanitários especiais indígenas e de comunidades remanescentes de quilombolas dentre aquelas que se enquadram na aplicação dos recursos mínimos de saúde prevista na Constituição Federal (PLANSAB, 2019).

De acordo com o Plansab (BRASIL, 2019), a versão original de 2013 previa investimentos anuais da ordem de R\$ 10 a R\$ 12 bilhões, o que totalizaria mais de R\$ 500 bilhões no período previsto. Os projetos e os recursos deveriam envolver Municípios, Estados e a União. (PLANSAB, 2019). Do Portal da Transparência (BRASIL, 2020), os investimentos federais em saneamento básico apresentados em 2019, mostram uma evolução de R\$ 517,89 milhões para R\$ 889,81 milhões em 2020, mas nota-se que, diante do montante total necessário, a participação federal se mostra irrisória frente ao desafio orçamentário total e a dependência de outras fontes de investimento no setor (GTSC A2030, 2021). Para cumprir as metas do Plansab original de 2013, são estimados investimentos de R\$ 392 bilhões até 2033. Segundo levantamento do Instituto Trata Brasil, com base em dados do SNIS, foram investidos R\$ 13,1 bilhões no setor, em valores de 2018 (53%, se considerada a previsão do Plansab, de R\$ 24,9 bilhões anuais) (GTSC A2030, 2021).

Foi apenas a partir da Lei N° 11.445/2007 (BRASIL, 2007) que a universalização do acesso é apresentada como primeiro princípio fundamental dos serviços de saneamento básico. A noção de universalidade remete à possibilidade de todos os brasileiros poderem alcançar uma ação ou serviço de que necessite, sem qualquer barreira de acessibilidade, seja legal, econômica, física ou cultural (PLANSAB, 2019). Assim, a superação destes desafios, rumo à universalização, inclui a priorização de investimentos com subsídios fiscais e viabilização de parcerias público privadas, sem, necessariamente, privatização integral do sistema. E, portanto, passa necessariamente pelo incentivo e indução à eficiência na prestação dos serviços.

### **2.1.6 Planejamento existente**

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são, de forma geral, um apelo global a ações para o cumprimento da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. São as metas pilares sob as quais devemos nos orientar, enquanto sociedade civil, organizações e instituições, de forma a promover prosperidade concomitante à proteção do planeta. Reconhecem e se pautam na premissa que aniquilar a pobreza deve estar alinhado com estratégias que contribuam para o crescimento econômico - o que inclui arranjos de necessidades sociais, tais como educação, saúde, proteção social, oportunidades de trabalho - bem como o combate às mudanças climáticas e a proteção ao ambiente (ONU, 2022).

Dos 17 objetivos, ODS6 (“Água potável e saneamento: Garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos”), o ODS11 e o ODS13 (“Ação contra a mudança global do clima: Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos”), abordam especificamente as medidas necessárias e metas a serem alcançadas quanto à água potável e ao saneamento, às cidades e ao combate à mudança climática e os seus impactos (BRASIL, 2022). Para atingir o ODS6 (mais relacionado ao presente tema) no Brasil, são elencadas metas das quais se destacam: a universalização ao acesso à água potável e esgotamento sanitário; o aprimoramento da gestão da água e esgotamento sanitário; melhorar a qualidade da água e aumentar a reciclagem e reutilização segura em âmbito mundial (UN, 2017).

O Marco Legal do Saneamento no Brasil foi instituído pela Lei N° 11.445/2007 (BRASIL, 2007) e alterado pela Lei N° 14.026/2020 (BRASIL, 2020), em que a

definição de saneamento e as diretrizes para a sua prestação são apresentadas. Os quatro componentes devem ser tratados quanto aos âmbitos de infraestrutura, instalações operacionais, prestação dos serviços e gestão. A atualização traz a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) como a responsável pela instituição de normas de referência para a regulação e fiscalização dos serviços públicos de saneamento básico (BRASIL, 2021).

A Lei Nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020) apresenta as diretrizes para a prestação e a definição de saneamento básico como o conjunto de ações cujo objetivo é alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental, nas condições que maximizem a promoção e a melhoria das condições de vida dos meios urbano e rural, compreendendo o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, o manejo de águas pluviais e o manejo de resíduos sólidos. Os quatro componentes devem ser tratados quanto aos âmbitos de infraestrutura, instalações operacionais, prestação dos serviços e gestão (BRASIL, 2021).

No que se refere aos recursos hídricos, a Lei Nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997), que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, objetiva a garantia da disponibilidade de água para gerações futuras e a utilização racional e integrada dos recursos hídricos. Além disso, traz como fundamentos o uso múltiplo das águas e a priorização do consumo humano e da dessedentação animal em situações de escassez hídrica. Esta política possui interfaces muito claras com o setor de saneamento, especialmente em relação às captações de água para abastecimento das populações, o lançamento e tratamento adequado dos esgotos sanitários e o aproveitamento de águas de chuva (PLANSAB, 2019).

Segundo o “Panorama do Saneamento Básico no Brasil”, a gestão dos serviços de saneamento básico deve envolver planejamento, prestação dos serviços, regulação e fiscalização. Dos instrumentos de planejamento instituídos, destacam-se o Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), os Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) e os Planos Regionais de Saneamento Básico (BRASIL, 2021).

O Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab) consiste no planejamento integrado do saneamento básico considerando seus quatro componentes: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, coleta de lixo e manejo de

resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Sua elaboração foi prevista na Lei de Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico, Lei Nº 11.445/2007, (BRASIL, 2007), que estabelece a responsabilidade da elaboração à União. Possui horizonte de 20 anos (2014 a 2033) e deve ser avaliado anualmente e revisado a cada 4 anos e apresenta as metas para 2015, 2020 e 2030 e respectivos investimentos. O Plansab é, portanto, o instrumento de implementação da Política Federal de Saneamento Básico, ou seja, o principal instrumento de planejamento do setor, e orienta os municípios na elaboração dos seus Planos Municipais de Saneamento Básico (PLANSAB, 2019).

Mesmo com o Marco Legal do Saneamento Básico, Lei Nº 14.026/2020, a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), Lei Nº 6.938/1981 (BRASIL, 1981), e a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei Nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997), o Brasil ainda não possui uma política e um sistema nacional de saneamento, unificado. Também, não dispõe de mecanismos de integração para a efetiva gestão de recursos hídricos e meio ambiente, ou seja, há uma gestão difusa. Ou seja, a integração entre os órgãos governamentais e as políticas setoriais é baixa e os municípios (titulares dos serviços de saneamento básico, no geral) ainda não assumiram o necessário protagonismo (GTSC A2030, 2021).

Segundo a “Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC)” (IBGE, 2017), os planos municipais de saneamento não avançaram: apenas 41,5% dos municípios tinham aprovado seus planos de saneamento. A participação da sociedade civil representativa das comunidades locais no debate sobre a gestão do sistema também foi reduzida, a partir do decreto Nº 9.806/2019, que altera a composição e funcionamento do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) (BRASIL, 2019). Houveram iniciativas positivas locais mas, ainda assim, há um caminho longo a ser seguido.

Segundo o Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030 (GTSC A2030), o Novo Marco Legal do Saneamento Básico, Lei 14.026/2020, (BRASIL, 2020) não apresenta avanço satisfatório ao estabelecer a meta de “semi-universalização” até 2033 (99% da população com água e 90% com esgoto, com chance de ampliação até 2040), uma vez que não altera o paradigma do setor, não

incorpora as dimensões de segurança hídrica e não reconhece o acesso à água e ao esgotamento sanitário como direitos humanos (GTSC A2030, 2021).

Para a Organização das Nações Unidas (ONU), conceitualmente, há segurança hídrica quando “existe 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 como balizadoras do planejamento da oferta e do uso da água em um país” (ANA, 2020).

Logo, a política de saneamento brasileira ainda carece de regulação e o novo marco regulatório necessita de coordenação com diretrizes nacionais estabelecidas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). A indução à competição entre os players do setor muda o perfil da operação do saneamento no país (GTSC A2030, 2021).

## **2.2 Mudanças climáticas**

### **2.2.1 Mudanças climáticas e conceitos**

Em 1988, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (ONU Meio Ambiente) e a Organização Meteorológica Mundial (OMM) criaram o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) com o objetivo de fornecer aos formuladores de políticas avaliações científicas regulares sobre a mudança do clima, suas implicações e possíveis riscos futuros, bem como para propor opções de adaptação e mitigação (BRASIL, 2019). Em 1992, a assinatura da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (*UNFCCC*, em inglês, *United Nations Framework Convention on Climate Change*), formaliza a formação de um regime de governança internacional para a temática, em que os países concordam em “estabilizar as concentrações de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera” (BRASIL, 2022).

Para o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (*Intergovernmental Panel For Climate Change - IPCC*), mudanças climáticas são as mudanças nos padrões do clima que podem ser identificados (através de testes estatísticos, por exemplo) por mudanças na média e/ou na variabilidade das suas propriedades e que

persistem por um período extenso, tipicamente décadas ou mais. Então, se refere a qualquer mudança no clima ao longo do tempo devido a variações naturais ou como resultado das ações humanas. Já para a UNFCCC e, segundo o documento “Ficha informativa: Ciência das mudanças climáticas - o status da ciência das mudanças climáticas atualmente” da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima de 2011 (UNFCCC, 2011), são as mudanças do clima atribuídas direta ou indiretamente à atividade humana, que alteram a composição da atmosfera global, e são adicionais à variabilidade natural observada entre períodos comparáveis de tempo (UNFCCC, 2011).

Apesar de a definição da UNFCCC ser mais branda que a do IPCC quanto à responsabilidade das ações humanas pelas mudanças climáticas é consenso que essas últimas são ameaças urgentes e corroboram para a maior recorrência de eventos climáticos extremos em frequência, intensidade e gravidade (BRASIL, 2020) - como as inundações na porção ocidental da Europa, incêndios florestais nos países mediterrâneos e na Rússia, em 2021; escassez hídrica no sul, excesso de chuvas e inundações no sudeste e nordeste do Brasil em 2022.

As discussões acerca do tema são vastas e possuem vertentes de pensamentos entre pesquisadores, investigadores e grupos: a que considera o aquecimento global sobre responsabilidade das atividades humanas no processo de produção e reprodução do espaço geográfico, sendo as emissões de gases-estufas o principal responsável, e não descartando a possibilidade de origens advindas de fatores naturais, apesar de pouca significação (Ribeiro, 2002; André, 2006; IPCC, 2007; Silva & Tommaselli, 2007); a que destaca que o planeta terra vivencia um longo ciclo de variação da temperatura, sendo o aquecimento proporcionado apenas por processos naturais; e a dos que defendem a inter-relação entre as atividades humanas e os fenômenos naturais como principais responsáveis pelo estágio atual das mudanças climáticas (Ribeiro, 2002; Molion, 2008; Onça, 2007).

Marengo (2007) destaca que o Quarto Relatório Científico AR4 (IPCC, 2007), deixa bem claro, com uma base de certeza acima de 90%, que o aquecimento global vivenciado nas últimas cinco décadas é provocado pelas atividades humanas (SANTOS et al., 2010). Em 2009, os cenários de alterações climáticas são destacados por pesquisadores, como: Eventos El Niño-Oscilação Sul (ENSO) mais intensos

(secas no Norte e Nordeste; enchentes no Sul e Sudeste); diminuição de chuvas no Nordeste; aumento de vazões de rios no Sul; alteração significativa de ecossistemas, como o Mangue, Pantanal e Hiléia Amazônica (MARENGO, 2007).

Publicado em março de 2022, o Sexto Relatório Científico do IPCC (AR6) (IPCC, 2022) traz, pela primeira vez, estimativas regionalizadas para as próximas três décadas, com o objetivo de colaborar e direcionar as ações de adaptação. Mas, o constatado é que todas as regiões do planeta sofrerão mudanças do clima nesse período, o que inclui elevação de temperatura, estações quentes alongadas, mais ondas de calor e menos extremos de frio (IPCC, 2022).

Segundo o Observatório do Clima (2022), no “Resumo Comentado do Sexto Relatório do IPCC do Grupo de Trabalho I (Base da Ciência Física)”, desde 1970, a temperatura global subiu mais rápido do que em qualquer outro período de 50 anos nos últimos 2.000 anos. As temperaturas desde 2011 excedem as do último período quente longo (6.500 anos atrás) e se igualam às do período quente anterior (125 mil anos atrás). Tais aumentos acarretam mudanças de maiores magnitudes quanto aos eventos extremos: cada 0,5°C a mais de aquecimento trará mais ondas de calor, tempestades e secas. Em todos os cenários, o aquecimento global de 1,5°C (limite estabelecido no Acordo de Paris) deve ser ultrapassado entre 2021 e 2040 e, ainda que estabilizado nessa taxa, eventos extremos sem precedentes no registro histórico deverão ocorrer (OC, 2022).

O debate das mudanças climáticas tem sido marcado pelo inevitável entrelaçamento entre questões técnicas, tecnológicas, políticas, governamentais - como, no âmbito corporativo, a pauta ESG (*Environmental, social, and corporate governance*), que no português é traduzida para ASG (Ambiental, Social e Governança), vem ganhando destaque - e sociais. Não suficiente, também carrega problemas intrínsecos relacionados às diferentes linguagens e interesses de pesquisadores, empresários, gestores e sociedade civil. Conforme Barcellos et al.: “se, por um lado, a visibilidade dada às mudanças globais tem permitido a retomada da agenda ambientalista em sua versão mais ampliada, a visão catastrofista e globalizante sobre essas mudanças pode gerar um sentimento de impotência ou mesmo insensibilidade frente a mudanças que podem parecer inexoráveis” (BARCELLOS et al., 2009).

### **2.2.2 Impactos das mudanças climáticas**

Segundo a Resolução CONAMA nº 001, art. 1º, considera-se impacto ambiental “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais” (BRASIL, 1986).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, na ISO:14001, (ABNT, 2004), impacto ambiental são todas as mudanças ocorridas no meio ambiente, benéficas ou prejudiciais, resultantes da realização de atividades econômicas das organizações (ARAÚJO & JURAS, 2011). De acordo com Berté (2009), as principais causas dos impactos ambientais negativos são os confrontos entre homem e natureza. As avaliações dos impactos ambientais podem ser realizadas por meio de fatores como: “duração, forma, extensão, causa e consequências das atividades humanas” (VENTURA & DAVEL, 2021). Apesar da definição, a presente pesquisa é focada nos impactos negativos em diversos âmbitos.

Quando fatores deflagradores, como eventos extremos pontuais, atingem locais habitados, desastres naturais ou de outros tipos podem vir a ocorrer (LONDE et al., 2014). Para a Estratégia Internacional para a Redução de Desastres da Organização das Nações Unidas (EIRD/ONU), desastre é uma “séria interrupção do funcionamento de uma comunidade ou sociedade, que causa perdas humanas e/ou importantes impactos ou perdas materiais, econômicas ou ambientais que excedem a capacidade da comunidade ou sociedade afetada de lidar com a situação utilizando seus próprios recursos” (UNISDR, 2009).

Por envolver âmbitos ambientais, sociais, humanos, econômicos, uma situação de desastre apresenta cenários de risco diferentes e interligados. Assim, segundo Londe et al. (2014), para lidar com a complexidade, a gestão de riscos deve ser tratada de maneira integrada e deve englobar as etapas de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. “Prevenção e mitigação devem ser destacadas como as atividades de minimização dos riscos e de promoção da resiliência em sistemas vulneráveis, reduzindo perdas humanas e materiais” (LONDE et al., 2014).

O “Relatório Global de Avaliação sobre Redução de Risco de Desastre de 2022”, da Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres - em inglês, *United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR)* -, apresenta que a criação de risco está muito maior que a redução de risco. Desastres, perdas econômicas e as vulnerabilidades subjacentes que geram riscos (como pobreza e desigualdade) estão aumentando, assim como ecossistemas e biosferas correm o risco de colapso. Os sistemas globais estão se tornando mais conectados e, portanto, mais vulneráveis em um cenário de risco incerto. Ainda, se o risco de colapso global for analisado a partir dos nove limites planetários - cenários que consideram o cumprimento dos ODS e da meta do *Sendai Framework* dentro do conceito de fronteiras - há uma tendência perigosa de o mundo se mover em direção a um cenário de colapso global (UNDRR, 2022).

Diniz et al. (2020), Hu (2011) e Sumargo et al. (2019) consideram impactos socioambientais aquelas alterações no meio ambiente, em todas as escalas geográficas, provocadas por ações ou atividades humanas - de organizações de diferentes portes, setores produtivos, de indivíduos e comunidades - e que afetam negativamente a qualidade de vida, a saúde, a economia e outros âmbitos. Apesar de qualquer atividade humana provocar efeitos no ambiente, eles terão graus distintos de acordo com o modo de viver de cada pessoa e de cada comunidade (tanto os causadores, como os afetados). Como exemplificam Davel et al. (2021): o modo de viver de um indígena causa significativamente menos impactos aos recursos naturais do planeta comparado a um habitante médio de um país desenvolvido. Portanto, quando o meio ambiente é tratado sob o viés utilitarista e exploratório, ou seja, para a produção de bens e serviços segundo a lógica predatória e do modelo capitalista, as consequências tendem a ser exponencialmente ampliadas (VENTURA & DAVEL, 2021).

Segundo o Sexto Relatório Científico (AR6) do IPCC (IPCC, 2022), os eventos climáticos extremos cada vez mais frequentes expuseram milhões de pessoas à insegurança alimentar e hídrica, com os maiores impactos observados na África, na América Latina, na Ásia, nos pequenos países insulares e no Ártico. A mudança do clima retardou os ganhos de produtividade da agricultura mundial nos últimos 50 anos

e a desnutrição aumentou, afetando principalmente idosos, crianças, mulheres grávidas e indígenas (OC, 2022).

Em questão de segurança alimentar e nutricional, estudos apontam para a necessidade de 70% a 100% mais alimentos até 2050 para alimentar 9 bilhões de pessoas (WORLD BANK, 2008; ROYAL SOCIETY OF LONDON, 2009; GODFRAY et al., 2010). Os processos agrícolas são responsáveis por aproximadamente 85% do uso consuntivo global da água (GORDON, 2010; FOLEY, 2005) e a irrigação é responsável por 66% do consumo de água em geral (GORDON, 2010; FALKENMARK & LANNESTAD, 2005). Assim, a demanda por alimentos está diretamente relacionada com a necessidade da água e os modos produtivos e de organização social atuais.

Deve-se pontuar, portanto, que embora as questões ambientais atinjam as amplitudes global, nacional e local, os seus impactos são marcadamente mais intensos sobre as populações pobres e discriminadas, como as populações indígenas, negras e outros grupos sociais marginalizados (ACSERLALD, 2010; MARTÍNEZ, 2007). A relação entre sociedade e ambiente necessita de mudanças efetivas, ao passo que as questões ambientais cada vez mais reforçam e reproduzem desigualdades sociais. Ao afetarem primeiramente os países e segmentos da população mundial mais pobres, as múltiplas vulnerabilidades já existentes fazem com que sofram mais fortemente as repercussões adversas de catástrofes naturais (VENTURA & DAVEL, 2021). Como consequência, é cada vez mais intenso em todo o mundo o risco de crescentes tensões e conflitos ligados à problemática socioambiental (CASSIOLATO et al., 2015).

Segundo Barcellos et al. (2009), dos produzidos pelas mudanças climáticas e que concernem à saúde humana, há os impactos diretos, que são aqueles associados a eventos extremos e mortes diretas, como ondas de calor, furacões e inundações. E há, muitas vezes, os impactos indiretos, aqueles mediados por alterações no ambiente (como a alteração de ecossistemas e de ciclos biogeoquímicos), que podem aumentar a incidência de doenças infecciosas e doenças não-transmissíveis, que incluem a desnutrição e doenças mentais. (BARCELLOS et al., 2009). Fato é que, segundo o Sexto Relatório Científico (AR6) do IPCC (IPCC, 2022), a incidência de doenças transmitidas por insetos (como a dengue) aumentou devido à expansão dos habitats e maior velocidade de reprodução dos transmissores (como o *Aedes aegypti*); e

doenças respiratórias em alguns lugares também cresceram com o aumento dos incêndios florestais (OC, 2022).

Logo, é importante destacar como estão entrelaçados os âmbitos dos impactos causados pelas mudanças climáticas e como, portanto, atravessam essas dimensões e afetam a saúde humana como um todo. Assim, os riscos a médio e longo prazo afetam os ecossistemas terrestres, a extinção de espécies, a água (superficial e subterrânea), a temperatura, a saúde populacional (mental e fisiológica), entre outros âmbitos tratados adiante. A comunidade científica do IPCC, no mesmo relatório (IPCC, 2022), afirma que os impactos estão ficando cada vez mais complexos e difíceis de administrar, além de múltiplos fatores climáticos interagirem entre si e com fatores não-climáticos, o que cria situações de efeito-cascata (OC, 2022).

### **2.2.3 Mudanças climáticas e recursos hídricos**

As grandes cidades se caracterizam pela geração de calor e cobertura de seu solo por construções, o que diminui a percolação de água de chuva e aumenta o fluxo ascendente de ventos, tornando-as mais vulneráveis aos efeitos de aquecimento e enchentes (CAMPBELL-LENDRUM et al., 2007). Portanto, além de causar o aumento global de temperatura, os processos das mudanças climáticas atrelados às alterações de uso da terra podem aumentar a amplitude de variações de temperatura e precipitação (BARCELLOS et al., 2009). Ao afetar a disponibilidade e a qualidade dos recursos hídricos (SANTOS et al., 2010), a oferta e a demanda (CUNHA et al., 2002) também são impactadas, pois modificações no elemento climático (precipitação) alteram a distribuição temporal dos recursos hídricos, o que pode levar ao aumento na procura por este recurso em algumas áreas (conflitos) e disponibilidade além da demanda em outras.

O Quinto Relatório Científico do IPCC (AR5) (IPCC, 2013) indicava um provável aumento da temperatura e precipitação no planeta no século 21. As previsões nas variações não são uniformes: enquanto algumas regiões experimentarão um aumento significativo nos níveis de precipitações, outras deverão sofrer com o declínio em relação aos níveis históricos (SCHARDONG et al., 2014). Antes, os autores Bates et al. (2008) já destacavam que, quanto ao escoamento superficial, estudos apresentavam três cenários: em algumas regiões do planeta, aumentos significativos no (como nas altas latitudes e em boa parte dos Estados Unidos); em regiões na África

Ocidental, sul da Europa e parte da América do Sul, diminuições; e áreas em que não eram identificadas tendências negativas e nem positivas (BATES et al., 2008).

A variação do regime de precipitação (com comportamento distinto) em diversas regiões tem sido associada ao incremento na temperatura média do planeta reportado em estudos (WILCOX et al., 2007; ALLAN et al., 2008, SOLAIMAN et al., 2011). Segundo relatórios do IPCC (2007; 2014), em regiões de maiores latitudes, a previsão é de aumento significativo dos níveis de precipitação em relação aos valores históricos. As regiões próximas aos trópicos, áridas e semiáridas, muito possivelmente notarão incremento menor ou até redução dos níveis de precipitação (IPCC, 2007; IPCC, 2014).

As perspectivas para o Brasil são também de variações significativas dos níveis de precipitação: no Nordeste, variação negativa de até 30% nos níveis de precipitação atual; no Sudeste e na Bacia do Prata, a variação é menos acentuada (pode variar negativamente em algumas regiões e até positivamente, em até 10%, em outras), conforme apresentado por Marengo et al. (2011). O Quarto Relatório Científico do IPCC (AR4) (IPCC, 2007) mostrou reduções de chuva no Norte e no Nordeste durante os meses de inverno (junho, julho, agosto), o que pode comprometer a chuva na região Leste do Nordeste, que apresenta o pico da estação chuvosa nessa época do ano (Meehl et al., 2007).

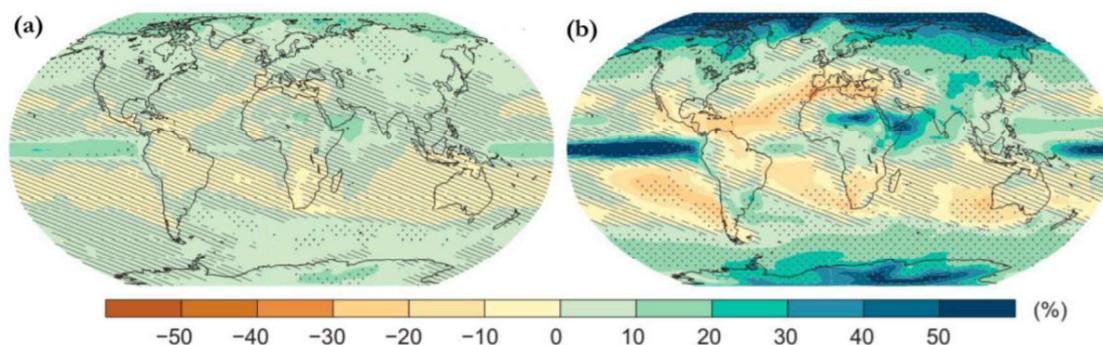
Haylock et al. (2006) investigaram as tendências de extremos de chuva no Sudeste da América do Sul no período de 1960-2000 e encontraram tendências para condições mais úmidas no Sul do Brasil, Paraguai, Uruguai e no Norte e Centro da Argentina. Os autores, em concordância com Groissman et al. (2005) para a mesma região, notaram que a região Sudeste da América do Sul experimentou um aumento na intensidade e frequência de dias com chuva intensa. Grandes valores de vazões no Rio Paraná nos Pampas da Argentina podem ser causados por eventos intensos de chuva no outono. Liebmann et al. (2004) notaram que, em São Paulo, na escala interanual, o número de eventos extremos de chuva relaciona-se a anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico Tropical e no Sudeste do Atlântico próximo ao litoral de São Paulo. No Sul do Brasil, Teixeira et al. (2007) identificaram uma ligeira tendência de aumento no número de eventos extremos de chuva, com

maiores frequências em anos como 1993-1994 e 1997-1998, que são anos de El Niño (MARENGO, 2008).

Alexander et al. (2006) analisaram tendências em extremos anuais de chuva e chegaram à conclusão de que essas apresentam similaridades às da chuva total acumulada (positivas no Sul do Brasil, Paraguai, Uruguai e no Norte-Centro da Argentina). Identificaram tendências positivas no número de dias com chuva intensa e muito intensa concentrada em curto tempo e na quantidade de chuva concentrada em eventos que são indicadores de chuvas que produzem enchentes durante o período 1961-2000. Portanto, sugerem aumento na frequência e intensidade de eventos de chuva no Sudeste da América do Sul - mas a ausência de dados na região tropical não permitiu uma análise mais detalhada e com compreensões dos extremos (MARENGO, 2008).

Segundo o Quarto Relatório Científico do IPCC (AR4) (IPCC, 2007), as projeções de extremos sugerem aumentos na frequência de extremos de chuva em todo o Brasil, especialmente no Oeste da Amazônia, no Sul e Sudeste do Brasil. Para o período de 2080-2099, em relação à 1980-1999, no cenário A1B, os eventos extremos de chuva intensa mostram um aumento na frequência e na contribuição de dias muito chuvosos no Oeste da Amazônia, enquanto no Leste da Amazônia e no Nordeste a tendência é de aumento na frequência de dias secos consecutivos, também observado para o norte do Sudeste (MEEHL et al., 2007; TEBALDI et al., 2006).

Marengo et al. (2007) e Tebaldi et al. (2006) sugerem que os possíveis cenários, projetados até finais do século XXI, de aumento de chuva no Sul do Brasil, poderiam ser na forma de eventos extremos de chuva mais intensos e frequentes: o Oeste da Amazônia poderia experimentar um aumento na frequência de extremos de chuva até 2100, podendo gerar problemas de erosão e enchentes nessa região. Porém, a falta de informações hidrológicas confiáveis nessa região não permite validar as tendências simuladas para o presente (MARENGO, 2008).



**Figura 2: Variação (em %) estimada da precipitação no planeta em relação aos níveis históricos. Fonte: IPCC (2014) apud Schardong et al. (2014).**

De maneira geral, um clima global mais aquecido, como o vivenciado nos últimos anos, implica em aceleração do ciclo hidrológico (Trenberth, 1999; Karl et al., 2003). Todavia, o padrão espacial dos extremos de chuva não é uniformemente distribuído como os de temperatura do ar. O AR4 (IPCC, 2007) apresenta que os avanços divulgados desde o relatório anterior mostraram que as influências humanas discerníveis se estendem além do aumento na temperatura média global, ou seja, para outros aspectos do clima, o que inclui extremos de temperatura e padrões de vento. Atividades locais e regionais de queima de biomassa e de modificação de uso do solo influenciaram as mudanças no comportamento de eventos extremos pela alteração no ciclo hidrológico e balanço de energia e, conseqüentemente, as circulações atmosféricas associadas (SILVA et al, 2021).

Segundo o “Relatório Conjuntura Recursos Hídricos Brasil 2021”, no capítulo “Qualidade e Quantidade de Água” (ANA, 2021), os registros de precipitação apresentam valores abaixo da média na maior parte do território brasileiro. Ao considerar a magnitude observada dessa diminuição - expressa em termos de tempo de retorno (TR) - baixos valores com TRs maiores que 50 anos foram constatados. Assim, condições críticas de seca que só eram esperadas, em média, a cada 50 anos, já ocorreram em diversas localidades nos últimos anos. As regiões norte e nordeste foram as mais impactadas no período e, apenas a partir de 2020, as condições de baixa precipitação melhoraram. Já as regiões ao sul, tiveram períodos úmidos em 2016 e 2017 mas, a partir de 2018, foram marcadas pela seca, culminando na recente crise energética do Brasil (ANA, 2021).

Quanto às vazões, nos últimos dez anos, principalmente entre 2014 e 2017 e em 2020, houve uma redução significativa das vazões em grande parte do Brasil. A região Nordeste (principalmente a setentrional), que depende fortemente da água armazenada em seus reservatórios, apresentou uma grande seca nos anos de 2012 até 2016 e, ao final do último ano, 65 açudes que fornecem água para abastecimento público foram constatados secos. Na Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRH) São Francisco, as vazões reduziram da ordem de 25 a 50% entre 2010 e 2020, tendo sido observadas reduções significativas na UGRH Tocantins-Araguaia e na maior parte da UGRH Paraguai (ANA, 2021). Desta forma, os eventos de seca mais pronunciados que os de precipitação demonstram que outros fatores além da questão climática, como os associados aos usos da água e ao uso e ocupação do solo (como a irrigação, no caso da UGRH Tocantins-Araguaia), impactam sobremaneira a disponibilidade hídrica.

Além da estiagem, ocorreram cheias pontuais em algumas UGRHs na última década. Quanto às vazões, nas UGRHs da bacia Amazônica observou-se aumento, enquanto em algumas estações de monitoramento em Roraima (UGRH Negro) e no Acre (porção Sul das UGRHs Juruá e Purus), indicativos de redução. Situação semelhante foi observada na região Sul do País quanto às vazões médias: na bacia do Paraná, parte das UGRHs apresentaram redução significativa (UGRHs Paranaíba, Grande e PCJ) e, outra parte, um aumento substancial (UGRHs Paraná, Iguaçu e Paranapanema); na UGRH Uruguai, parte das estações apresentaram aumento e outra parte diminuição (ANA, 2021).

#### **2.2.4 Impactos das mudanças climáticas nos recursos hídricos**

Usualmente, os desastres associados aos recursos hídricos estão associados ao excesso de água (inundações graduais e bruscas, rompimento de barragens) ou à sua escassez (estiagem, seca, dificuldades no abastecimento de água potável, impactos na agricultura) (LONDE et al., 2014). Vale ressaltar que esses são causados por extremos e não estão relacionados às médias (OGURA, 2013). Além dos extremos, outros tipos de desastres podem envolver os recursos hídricos de diferentes maneiras, com impactos no ambiente, saúde pública, dinâmica urbana e produção agrícola (LONDE et al., 2014).

Outros impactos nos recursos hídricos, diretos ou indiretos, associados às mudanças climáticas, são: “redução da biodiversidade, por meio da extinção de várias espécies vegetais menos tolerantes ao calor; redução da cobertura vegetal, com maior exposição do solo; redução da estabilidade dos agregados do solo devido à diminuição do teor de matéria orgânica e de outros agentes de agregação do solo, tornando seus agregados menos estáveis; redução da taxa de infiltração de água no solo devido a três causas básicas: a) menor volume de água disponível; b) maior taxa de evaporação e c) redução da permeabilidade do solo devido à maior instabilidade de seus agregados; redução do volume de água dos rios, como consequência natural do menor volume disponibilizado pelas chuvas” (GOMES, 2008).

Como já mencionado, em consequência à expansão das habitações, áreas de vegetação nativa têm dado espaço à urbanização. Segundo Sugahara et al. (2009), tal interferência causa desequilíbrio no balanço natural de energia local, uma vez que aumenta as temperaturas diurnas - aquecimento este que facilita a instabilidade atmosférica e, por conseguinte, a formação de nuvens e ocorrência de precipitação. Em decorrência disso, formam-se bolsões térmicos nas áreas urbanas, conhecidos como ilhas de calor, que influenciam o clima local e ao seu redor (LIMA, 2013).

Pereira Filho (2004) considera haver interação entre ilha de calor e a brisa marítima vinda do Oceano Atlântico, indicando a existência de um mecanismo de retroalimentação de enchentes na mancha urbana. Em outras palavras, frente ao desequilíbrio causado pela ilha de calor, para que o aquecimento seja atenuado ou compensado, o sistema tende a aumentar o nível de precipitação nas áreas mais urbanizadas. Dessa maneira, “as chuvas de verão tornam-se mais intensas, volumosas e destrutivas, tendo em vista que estas recaem sobre áreas relativamente pequenas, que sofrem de falta de alternativas de escoamento devido à intensa impermeabilização e ocupação do solo” (LIMA, 2013).

As fortes chuvas e rajadas de vento causam danos materiais incomensuráveis como os bens pessoais e de valor sentimental, imateriais, humanos e da infraestrutura da cidade. As enchentes causam danos a habitações (propriedades, casas e construções que são parcial ou totalmente destruídas), deixam desabrigados e desalojados e podem provocar mortes de pessoas e demais seres vivos (abruptamente ou por soterramento). Além de atingir a infraestrutura e os serviços,

causam prejuízos econômicos e perdas materiais que impactam a economia local, o que afeta as fontes de renda e trabalho no comércio, fábricas, entre outros (FREITAS & XIMENES, 2012; LIMA, 2013).

Em situações de enchente, pontes, ruas e estradas podem ser destruídas ou inundadas impedindo o acesso dos e aos serviços de emergência, entre estes os de saúde. A força da água das enchentes pode destruir diques de contenção, como no caso do Furacão Katrina em Nova Orleans (EUA), incêndios a partir do rompimento de tanques de combustíveis e curto circuito elétrico, podendo ocorrer explosões e queimaduras (FREITAS & XIMENES, 2012). Os pontos de alagamento e inundação atrapalham o trânsito rodoviário, aumentando os congestionamentos; os aeroportos suspendem suas atividades pela dificuldade ou até mesmo impossibilidade de decolagem e pouso de aviões (LIMA, 2013).

Também, tende a ocorrer interrupção da distribuição de energia elétrica devido aos danos causados na rede de fios por quedas de árvores (LIMA, 2013). O comprometimento parcial ou total do fornecimento de energia elétrica local afeta os serviços públicos e privados de fornecimento de gás e água, o que compromete desde o armazenamento de alimentos até a higiene pessoal dos moradores locais. A depender da magnitude do evento, escolas e comércio poderão ter suas atividades interrompidas por meses (FREITAS & XIMENES, 2012).

Os serviços de saúde também podem ser afetados - rotineiros (como marcação de consultas) e até programas de combate a doenças transmitidas por vetores, vacinação e de tratamento de doenças - tanto por ter as instalações atingidas e equipamentos e materiais de primeiros socorros comprometidos a partir do contato com a água das enchentes, como pelo aumento da procura dos serviços pela população imediatamente após as mesmas (FREITAS & XIMENES, 2012).

As enchentes podem também gerar consequências sobre a agricultura e a pecuária, atingindo a produção de alimentos e a qualidade do mesmo, como a do leite, por exemplo, agindo diretamente a condição nutricional da população afetada podendo levar à desnutrição e à fome (FREITAS & XIMENES, 2012). Segundo Marengo (2006), mesmo com a tendência do aumento de chuva para algumas regiões, as elevadas temperaturas poderiam, de alguma forma e eventualmente, limitar a disponibilidade de água para consumo, agricultura e geração de energia

devido a um acréscimo na evaporação e na evapotranspiração. Portanto, além da vazão dos cursos d'água, o recarregamento de aquíferos seria comprometido devido a interferência no balanço hídrico (como o Guarani, cujo suprimento é feito exclusivamente pela água das chuvas) (GOMES, 2008).

Freitas & Ximenes (2012) e Cançado (2009) apresentam algumas consequências gerais e danos nas edificações (tangíveis e intangíveis) das inundações urbanas, como seguem os Quadro 1 e Quadro 2.

**Quadro 1: Consequências das enchentes para a infraestrutura local, serviços, economia e sociedade local. Fonte: Freitas & Ximenes (2012).**

<ul style="list-style-type: none"> <li>. Interrupção total ou parcial de pontes, ruas e estradas por inundação ou destruição</li> <li>. Rompimento de diques de contenção</li> <li>. Rompimento de tanques de combustíveis</li> <li>. Curto-circuito elétrico</li> </ul>	Consequências sobre infraestrutura local
<ul style="list-style-type: none"> <li>. Interrupção total ou parcial do fornecimento de serviços de eletricidade, gás e comunicação</li> <li>. Interrupção total ou parcial do funcionamento de escolas, comércio, serviços funerários e de saúde</li> </ul>	Consequências sobre os serviços locais
<ul style="list-style-type: none"> <li>. Comprometimento total ou parcial das atividades agrícolas e pecuárias</li> <li>. Prejuízos econômicos pela destruição total ou parcial de propriedades, casas e construções</li> <li>. Prejuízos econômicos pela destruição total ou parcial das fontes de renda e trabalho</li> <li>. Perdas de bens pessoais e de valor sentimental</li> </ul>	Prejuízos econômicos e perdas materiais
<ul style="list-style-type: none"> <li>. Rompimento ou fortalecimento da amizade, cooperação e laços afetivos entre os membros de uma comunidade afetada</li> </ul>	Rompimento ou fortalecimento das relações sociais locais

**Quadro 2: Tipologias de danos decorrentes de inundações em áreas urbanas.**  
**Fonte: Cançado (2005), Machado (2005) e Parker, Green e Thompson (1987).**

<b>DANOS TANGÍVEIS</b>	
<b>Danos Diretos</b>	<b>Danos Indiretos</b>
Danos físicos aos domicílios: construção e conteúdo das residências. Danos físicos ao comércio e serviços: construção e conteúdo (mobiliário, estoques, mercadorias em exposição, etc.). Danos físicos aos equipamentos e plantas industriais. Danos físicos à infraestrutura.	Custos de limpeza, alojamento e medicamentos. Realocação do tempo e dos gastos na reconstrução. Perda de renda. Lucros cessantes, perda de informações e base de dados. Custos adicionais de criação de novas rotinas operacionais pelas empresas. Efeitos multiplicadores dos danos nos setores econômicos interconectados. Interrupção da produção, perda de produção, de receita e, quando for o caso, de exportação. Efeitos multiplicadores dos danos nos setores econômicos interconectados. Perturbações, paralisações e congestionamento nos serviços, custos adicionais de transporte, efeitos multiplicadores dos danos sobre outras áreas.
<b>DANOS INTANGÍVEIS</b>	
<b>Danos Diretos</b>	<b>Danos Indiretos</b>
Ferimentos e perda de vida humana. Doenças pelo contato com a água, como resfriados e infecções. Perda de objetos de valor sentimental. Perda de patrimônio histórico e cultural. Perda de animais de estimação.	Estados psicológicos de estresse e ansiedade. Danos de longo prazo à saúde. Falta de motivação para o trabalho. Inconvenientes de interrupção e perturbações nas atividades econômicas, meios de transporte e comunicação. Perturbação no cotidiano dos moradores.

O Art. 3o do Código florestal, da Lei Nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012), dispõe que, do ponto de vista ambiental, a área de proteção permanente (APP) é de extrema importância para a proteção do solo, preservação da paisagem, biodiversidade, dos recursos hídricos, estabilidade geológica, além de facilitar o fluxo gênico de fauna e flora e assegurar o bem estar das populações humanas. Sendo assim, consistem em espaços ambientalmente frágeis, vulneráveis e legalmente protegidos, mas as áreas de seu interior podem ser públicas ou privadas, urbanas ou rurais, cobertas ou não por vegetação nativa (MESQUITA et al., 2017).

As edificações construídas em áreas como as APPs contribuem para o aumento da vulnerabilidade da disponibilidade hídrica devido à maior suscetibilidade de assoreamento dos cursos d'água, riscos de contaminação da água e erodibilidade do solo. Ademais, quando ocupadas, tem a infiltração da água da chuva comprometida, o que altera o equilíbrio hidrológico (a recarga dos mananciais superficiais e subterrâneos) e afeta tanto a bacia hidrográfica, como o ecossistema onde a área está inserida (MESQUITA et al., 2017).

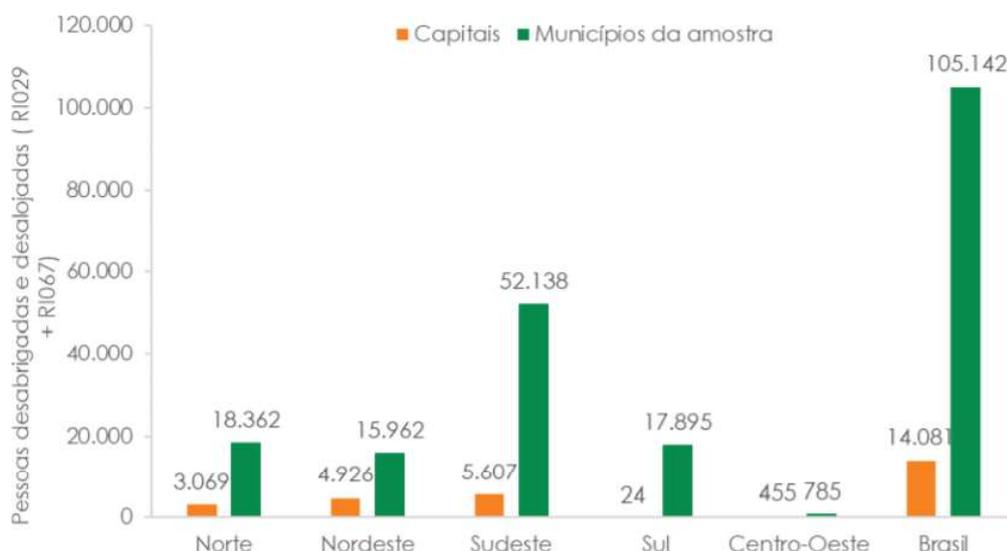
A enxurrada de água provenientes das áreas antropizadas pode chegar ao rio trazendo diversos tipos de sedimentos e partículas do solo. Dependendo do volume e velocidade da enxurrada do escoamento, a água permite transportar resíduos sólidos e tóxicos das áreas contaminadas por enchentes. Esses elementos podem contaminar não só o rio como também o solo, devido à lavagem das ruas e afetar a qualidade e quantidade de água (TUCCI & MENDES, 2006). A água escoada das áreas urbanas pode gerar aumento da temperatura das águas dos rios, formando bolsões aquecidos por receberem as águas vindas do calçamento, o que se caracteriza por ser altamente prejudicial à vida aquática (MESQUITA et al., 2017). O transporte para o rio de sedimentos, partículas do solo e resíduos sólidos (inclusive, de produtos químicos) gerados pela poluição, além de contribuir para o processo de assoreamento do mesmo, afeta também a turbidez da água (MESQUITA et al., 2017).

A preservação da vegetação de APP nas margens dos rios e córregos é fundamental para evitar que o excesso de água do escoamento superficial (decorrente da impermeabilização do solo) seja rapidamente drenado e em grande volume para os corpos hídricos principais, uma vez que estes não têm capacidade de receber tal montante de água em vista de seu tamanho ou dinâmica natural. Tal dinâmica gera uma maior atividade erosiva da água no canal de drenagem e nas margens, causando desbarrancamento e assoreamento (MESQUITA et al., 2017).

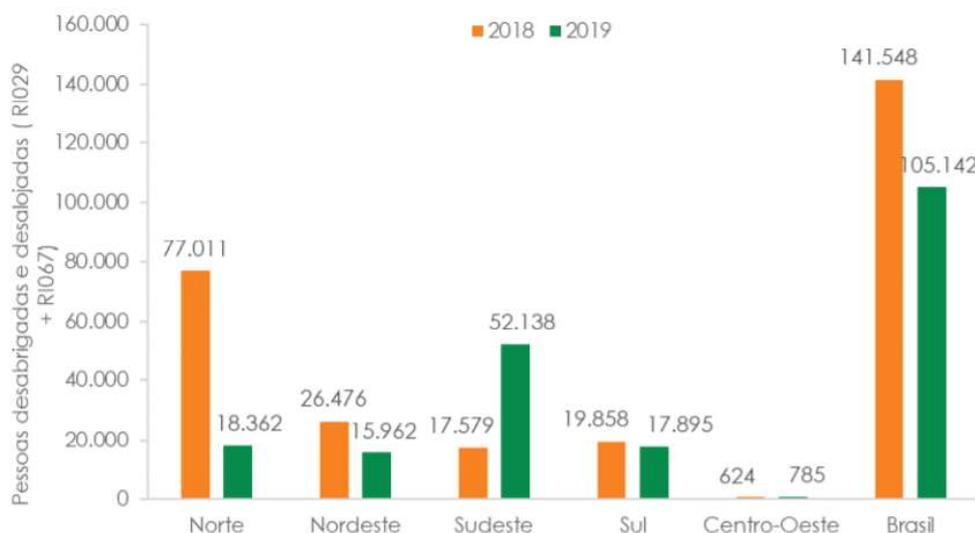
Entre as funções de proteção das vegetações das margens dos rios e córregos desempenhados pela APP destacam-se: amortecedor da ação erosiva das gotas de chuvas (efeito splash), que evitam o seu impacto direto no solo e a sua paulatina compactação (SKORUPA, 2003); impacto direto no balanço hidrológico, devido à evapotranspiração e alterações biofísicas do solo, que aumenta a porosidade da sua camada superficial e, conseqüentemente, favorece a infiltração da água no solo (LIMA, 2008); equilíbrio e manutenção do microclima local que, se alterado, interfere diretamente em desconfortos térmicos (pela diminuição da umidade e aumento da temperatura) e impactos nos regimes de chuva (MESQUITA et al., 2017).

Quanto aos eventos hidrológicos extremos (enxurradas, inundações ou alagamentos) no Brasil, de acordo com o “Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas de 2020” em relação a 2018 e 2019 (SNIS-AP 2018 e 2019) (SNIS, 2020), como mostram a Figura 3 e Figura 4 abaixo, a concentração de

desabrigados e desalojados fora das capitais chama atenção, pois os valores são maiores em quase todas as regiões e no País. Apesar da redução no número total de pessoas desabrigadas e desalojadas, 141.518 (em 2018) para 105.142 (em 2019), no País, nas regiões Sudeste e Centro-Oeste houve aumento (sendo nessa primeira um aumento significativo) (SNIS, 2021).



**Figura 3: Número de desabrigados ou desalojados por eventos hidrológicos (RI029 e RI067), nos municípios participantes do SNIS- AP 2019, por região geográfica, capitais de estado e Brasil. Fonte: SNIS (2020).**



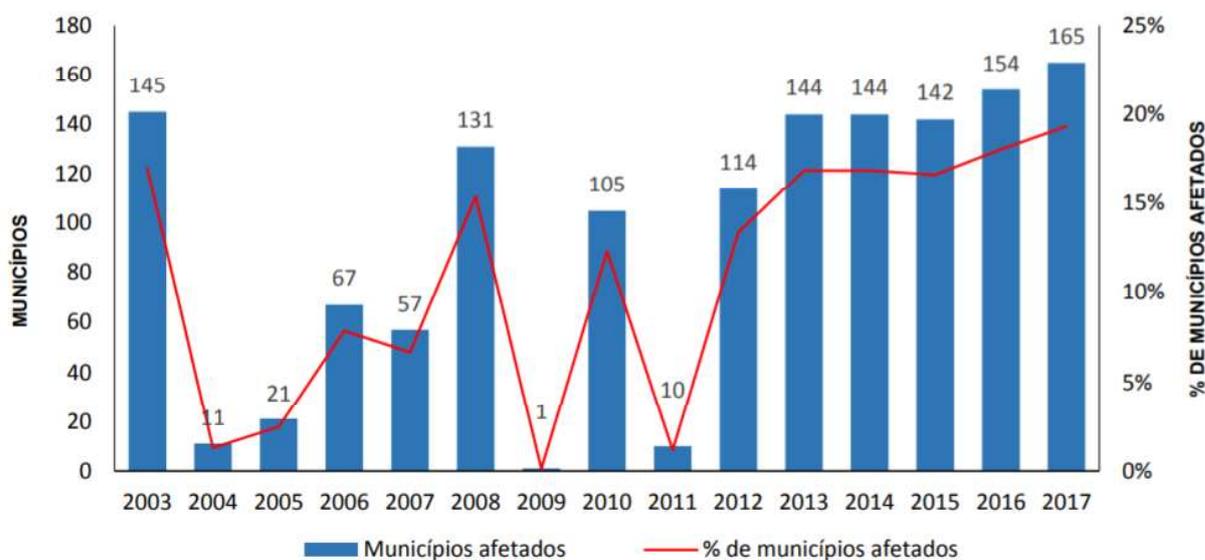
**Figura 4: Desabrigados e desalojados por eventos hidrológicos (RI029 e RI067), nos municípios participantes do SNIS- AP 2018 e 2019, por região geográfica e Brasil. Fonte: SNIS (2020).**

Já no “Diagnóstico Anual De Águas Pluviais 2021” em relação a 2020 (SNIS-AP 2020), identificou 218,4 mil desabrigados e/ou desalojados em áreas urbanas dos 4.107 municípios considerados, dentre os quais 84,9 mil (38,9%) são da macrorregião Norte. Nas áreas urbanas desses municípios, identificou 3,9% dos domicílios em situação de risco de inundação (o risco é inferior a 1,0% em 2.668 municípios (65,0%) e igual ou superior a 50,0% em 18 (0,4%)) (SNIS, 2021). Segundo o diagnóstico, a quantidade de desabrigados e desalojados é um reflexo de um conjunto de fatores como: variabilidade da ocorrência de eventos chuvosos, principalmente; ocorrência de eventos hidrológicos impactantes; o desempenho de infraestruturas de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas (DMAPU); e eficiência de políticas públicas (SNIS, 2020).

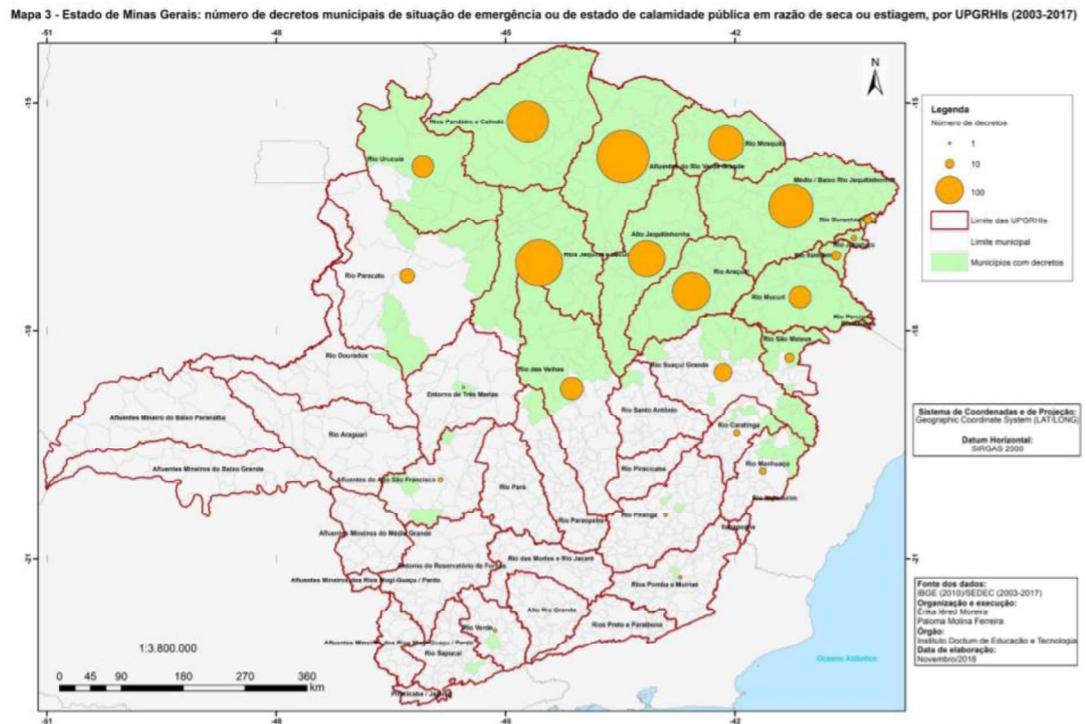
A Agência Nacional de Águas (ANA), na “Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil” de 2013 (ANA, 2013), apresentou o número de municípios que decretaram situação de emergência (SE) ou evento de calamidade pública (ECP), devido a eventos críticos de seca e estiagem: em 2003, 889 eventos de estiagem; em 2007, 1.176; em 2012, 2.235. O estudo fez, então, uma análise espacial desses eventos - baseada no percentual de Municípios de cada Estado que decretaram SE ou ECP em 2012, em relação ao total de Municípios do Estado - e chegou à conclusão de que houve uma concentração dos registros nas regiões Nordeste (Ceará, Paraíba, Piauí, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Bahia) e no Sul (Rio Grande do Sul e Santa Catarina). Em Estados do Nordeste como a Bahia, o Ceará e a Paraíba, o percentual de eventos que decretaram SE ou ECP em razão da seca e estiagem, em 2012, foi de, respectivamente, 62%; 95% e 88%; enquanto, no Rio Grande do Sul, foi de 76% (ANA, 2013: 185-191).

De acordo com o apresentado por Moreira & Ferreira (2018), entre os anos de 2003 e 2017, a ocorrência de SE e de ECP em decorrência de eventos de seca e de estiagem teve um número expressivo na Região Sudeste (em relação aos 337 municípios brasileiros que reportaram). Foi identificado um total de 2.226 decretos municipais emitidos no período analisado. Minas Gerais teve o maior número (1.985, advindos de 24% dos), com uma forte concentração em sua região semiárida. No Espírito Santo, todas as unidades de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos apresentaram municípios com decretos emitidos (155, advindos de 64% dos

municípios). O Estado de São Paulo apresentou o menor número de decretos, em contraste com a situação vivida pelo estado especialmente em 2014 e em 2015, quando vários municípios da Região Metropolitana de São Paulo e do interior, especialmente na região das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, foram afetados pela intensa e duradoura situação de escassez hídrica, (cortes no fornecimento de água e racionamento, ainda que não oficialmente decretado), conforme apresentado por Moreira e Ferreira (2018).



**Figura 5: Municípios de Minas Gerais que decretaram SE ou ECP por seca ou estiagem entre 2003 e 2017. Fonte: SEDEC (2018) adaptado por Moreira & Ferreira (2018).**



**Figura 6: Mapa de Minas Gerais com o quantitativo de decretos de SE ou ECP por seca ou estiagem entre 2003 e 2017. Fonte: SEDEC (2018) adaptado por Moreira & Ferreira (2018).**

De acordo com Suguio (2008), a seca na região amazônica em 2005 foi a mais intensa dos últimos 50 anos. Inúmeros rios e a maioria dos lagos secaram, o que provocou a mortandade de peixes e outros animais aquáticos, e comprometeu o transporte na região, já que os barcos representam os únicos meios de transporte da maioria da população. Ao evento adverso é atribuído como uma das causas o aquecimento anômalo das águas da superfície do Atlântico Norte Tropical, que acarretou o deslocamento de ventos alísios (e toda a umidade que carregam) para o norte, distante da Amazônia (MARENGO et al., 2008 apud VASCONCELOS et al., 2011). No entanto, os impactos hidrológicos sobre os níveis das águas do último evento em 2010 foram mais fortes do que os de 2005 - o Rio Negro, por exemplo, atingiu no referido ano o nível mais baixo desde 1902, chegando à cota de 13,63 m (VASCONCELOS et al., 2011).

Segundo o Centro de Estudos e Pesquisas sobre Desastres de São Paulo, quanto aos expressivos danos humanos, ao longo dos anos analisados, ocorreram 8 óbitos, 11.462 pessoas ficaram feridas, 76.967 enfermas, 1.118 desabrigadas, 6.400 desalojadas e quase 500 mil afetadas. O elevado número de pessoas afetadas se deu

porque a estiagem e a seca abrangeram todos os municípios do estado do Amazonas e os rios da região são meio de mobilidade e fonte de subsistência para grande parcela da população. Esses desastres prejudicaram o abastecimento de mantimentos e água potável nas comunidades afetadas pelo baixo índice de precipitações pluviométricas (CEPED, 2013).

Enquanto desastre, a estiagem reflete nas reservas hidrológicas locais e, no que tange às atividades econômicas, causa prejuízos à agricultura e à pecuária. A depender do tamanho da cultura, da necessidade de irrigação e da importância da cultura para o município, os danos podem apresentar magnitudes economicamente catastróficas. Os impactos da estiagem nas sociedades, portanto, irão depender da relação entre eventos naturais e as atividades socioeconômicas desenvolvidas na região, de maneira que a intensidade dos danos provocados é proporcional à magnitude do evento adverso e ao grau de vulnerabilidade da economia local ao evento” (CASTRO, 2003).

McCann et al. (2011a) apresentam as diversas consequências para a saúde pública devido à falta de água: diminuição da produção de alimentos, que leva à fome e má nutrição em algumas regiões; a qualidade do ar pode ser afetada pela presença prolongada de partículas em suspensão no ar, que agrava doenças pulmonares; a fumaça proveniente de queimadas (comuns em regiões de seca) também provoca ou agrava problemas respiratórios; possível aumento de doenças transmitidas por vetores e também de doenças provocadas por fungos, porque durante a seca a inalação de esporos dos fungos torna-se mais fácil (LONDE et al., 2014).

As queimadas também podem acelerar as mudanças climáticas e, para a Floresta Amazônica, representam uma ameaça. As partículas de aerossol são de especial interesse climático porque atuam como núcleos de condensação de nuvens (NCC), alterando os seus mecanismos de formação e o albedo, conseqüentemente alterando os processos radiativos, afetando a carga de radiação (GUYON P. et al, 2004). As queimadas alteram os ciclos hidrológicos nas regiões tropicais, ao reduzirem o volume pluviométrico e a composição química e física da atmosfera (YAMASOE, 2000). Também podem reduzir a radiação incidente na superfície devido à grande carga de aerossóis, o que gera implicações na produção primária dos ecossistemas vulneráveis (ECK et al., 1998). As emissões na Amazônia têm como trajetória o continente Sul

Americano por duas vias principais: o Oceano Atlântico Sul e o Oceano Pacífico Tropical (FREITAS, 1999; FREITAS et al., 2000). Logo, os impactos ambientais das queimadas têm papel fundamental nas mudanças climáticas nos níveis local, regional e global (LONDE et al., 2014).

Outro perigo sócio natural relacionado à água é a erosão hídrica. Segundo Santos (2012), o uso inapropriado do solo e as habitações construídas inadequadamente em encostas ou às margens de rios expõem aos processos erosivos áreas delicadas e extensas. Na região metropolitana de São Paulo (RMSP), a perda média anual de solo por erosão é estimada em 13,5 m<sup>3</sup> de solo, o que significa um grande aporte de sedimentos que se aloca em sistemas de drenagem naturais e construídos e atenua os impactos negativos das inundações (LONDE et al., 2014). Em áreas rurais, a erosão intensa pode causar degradação ambiental e levar à poluição dos recursos hídricos e ao empobrecimento do solo (ANDREANI JUNIOR et al., 2013). Segundo Addiscott (1997), as áreas de proteção permanente (APPs) no país, como os locais de vegetação ripária, previnem ou minimizam o movimento de sedimentos por processos erosivos em áreas agrícolas e retêm defensivos agrícolas e outros poluentes, funcionando como zonas tampão (buffer zones) (LONDE et al., 2014).

Os processos agrícolas são outro exemplo das interações entre recursos hídricos, clima, temperatura, economia, população e ambiente. Em conjunto, estes fatores podem provocar desastres. As práticas agrícolas têm contribuído para as mudanças ambientais globais através de mudanças no uso do solo e irrigação, alterando o ciclo hidrológico global em quantidade e qualidade (GORDON, 2010). Este uso tem alterado os padrões de fluxo dos rios, os ecossistemas à jusante, ecossistemas costeiros e alagados, provocando esgotamento de rios em vários locais (GORDON, 2010). Os produtores de alimentos do agronegócio lidam com a competição crescente pelos recursos hídricos, terra e energia, junto à evidente necessidade de inibir os efeitos negativos para o ambiente decorrentes da produção de alimentos (LONDE et al., 2014).

### **2.2.5 Adaptação às mudanças climáticas**

Segundo o Observatório do Clima (2022), no “Sumário Executivo (2º Volume) do Sexto Relatório do IPCC (AR6) do Grupo de Trabalho 2 (Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade)”, as alterações induzidas pelos seres humanos, além da variabilidade

natural do clima, já causaram amplos impactos adversos, impactos irreversíveis, perdas e danos à natureza e às pessoas, à medida que sistemas naturais e humanos são empurrados além de sua capacidade de se adaptar (OC, 2022).

Ainda do mesmo documento, constata-se que a vulnerabilidade de pessoas e ecossistemas à mudança do clima é muito variável. Atualmente, aproximadamente de 3,3 bilhões a 3,6 bilhões de pessoas vivem em locais ou contextos altamente vulneráveis à mudança do clima. Ademais, gênero, etnicidade e renda são fatores de aumento de vulnerabilidade. Nesse sentido, nas cidades que vêm sendo atingidas por ondas de calor e outros impactos climáticos ampliados por problemas de desenvolvimento, as populações de favelas são afetadas de forma desproporcional (OC, 2022).

O Brasil aderiu ao Protocolo de Kyoto tardiamente, em 2005 e, apenas em 2008, com a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), Lei 12.187/2008, oficializou o início das ações de mitigação e adaptação às mudanças climáticas no Brasil e o seu compromisso com a proteção do sistema climático global (BRASIL, MMA, 2019). Sequencialmente, Estados e Municípios criaram normas sobre o tema, o que demonstra uma onda positiva deste assunto na agenda política nacional (SILVA, 2021). A PNMC prevê diferentes tipos de instrumentos (como os econômicos e os de comando e controle) e se propôs abrangente ao prever uma meta quantificada de redução de emissões para o Brasil que deveria ser alcançada por meio de instrumentos, tais como planos específicos, para determinados setores da economia e um mercado nacional de carbono (SILVA, 2021).

O Acordo de Paris, 2015, pode ser considerado um marco principal quanto ao financiamento para adaptação climática, tornando esta um objetivo de formulação de estratégias, o que inclui a redução de vulnerabilidade e o aumento de resiliência. Foi a partir dele que a temática nas políticas públicas ganhou destaque na agenda internacional: em 2013, o Reino Unido lançou oficialmente seu Programa Nacional de Adaptação e outros países internalizaram a política de adaptação, sendo os planos com focos setoriais diferentes entre si. Também em escala mundial, estudos passaram a formular estratégias e dedicar recursos para a viabilização de projetos (GIULIO et al, 2016).

Elaborado em 2016, o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNA), um dos instrumentos executores da PNMC, adota a adaptação como principal ação. As ações do PNA são financiadas pelos diversos órgãos responsáveis pelas áreas temáticas ou setoriais, sendo assim, os recursos são provenientes de orçamento público e diversos outros fundos de financiamento climático (SILVA, 2021).

Do Acordo de Paris, cada país elabora a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), com as metas para redução das emissões de gases de efeito estufa e as estratégias para tal. Após a primeira NDC em 2015, o Brasil apresentou uma revisão em 2020 (BRASIL, 2020). Todavia, ambientalistas consideram essa nova NDC fraca, menos ambiciosa em relação às e infratora das metas estabelecidas no Acordo de Paris (GTSC, 2021),

Para efetivamente contribuir com os objetivos climáticos do acordo, o país deveria se comprometer com uma redução de suas emissões líquidas de 81% até 2030 em relação aos níveis de 2005, segundo a proposta do Observatório do Clima (OC, 2020) à segunda NDC no âmbito do Acordo de Paris. Ao invés disso, segundo análise da manobra pelo OC: Aumenta em 400 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente o nível de emissões permitido em 2030 em relação à meta indicativa apresentada em 2015; Aumenta em 460 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente o nível de emissão permitido em 2025 em relação e à meta assumida em 2015, o que viola os termos do Acordo de Paris; Permite a manutenção do desmatamento na Amazônia em níveis elevados cumprindo a meta mesmo assim; Com isso, o país torna-se provavelmente o único caso no mundo de grande emissor que reduz a ambição de seus compromissos após a adoção do Acordo de Paris, traindo a letra e o espírito do tratado (OC, 2020).

Em 2018, o Decreto 9.578/2018 (BRASIL, 2018), consolida os atos normativos, de forma a regular o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC), Lei Nº 12.114/2009 (BRASIL, 2009), a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), Lei 12.187/2009 (BRASIL, 2009) e considera:

I - Mudança do clima - aquela que possa ser direta ou indiretamente atribuída à atividade humana que altere a composição da atmosfera mundial e que se some àquela provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis;

II - Mitigação - mudanças e substituições tecnológicas que reduzam o uso de recursos e as emissões por unidade de produção, além da implementação de medidas que reduzam as emissões de gases de efeito estufa e que aumentem os sumidouros; e

III - Adaptação - iniciativas e medidas para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e dos humanos em decorrência dos efeitos atuais e esperados da mudança do clima. (BRASIL, 2018)

No Brasil, a proposta para o fortalecimento da resiliência de diversos setores (recursos hídricos, povos e população vulneráveis, saúde, desastres naturais e infraestrutura), diante das mudanças climáticas, vem por meio da PNMC (BRASIL, 2009) e do PNA (MMA & GF, 2016). Juntos, visam incentivar a implementação de ações para a adaptação e mitigação que contribuam para a diminuição dos efeitos adversos ocasionados pelas mudanças climáticas (BRASIL, 2009; MMA & GF, 2016). Essas estratégias são integradas e propõem a participação das três esferas do governo (federal, estadual e municipal), bem como o setor produtivo, o meio acadêmico e a sociedade civil organizada (BRASIL, 2009; MMA & GF, 2016) (ARENALES, 2019).

A estratégia de adaptação às mudanças climáticas ainda é tímida no país, as ações estaduais e municipais ficam restritas a um pequeno número de propostas. A exemplo, com o objetivo de contribuir com sua proposta e para o alcance do 1º objetivo do PNA, que prevê entre suas metas uma plataforma online de gestão do conhecimento em adaptação criada e disponível à sociedade, foi criada a AdaptaClima (WWF BRASIL, 2017). Todavia, à época da publicação do “Guia de Adaptação às Mudanças do Clima para Entes Federativos” (WWF BRASIL, 2017), apenas 51 cidades, dentre as milhares do país, participaram de ações como Pacto Global de Prefeitos pelo Clima. Municípios, estados e países que investem um maior número de recursos em medidas antecipatórias, possuem capacidade adaptativa maior (MARGULIS, 2017).

Algumas medidas de adaptação podem aumentar riscos, vulnerabilidades e desigualdade. Por isso e para além das recentes discussões, o conceito de “má-adaptação” deve ser considerado, ao questionar os limites da estratégia de adaptação

(ATERIDGE; REMLING, 2018), junto à temática dos riscos e da definição de vulnerabilidades. Entre as medidas de “maladaptação” listadas pelo IPCC no Sexto Relatório Científico (AR6) (IPCC, 2022), estão a adoção de agricultura irrigada e a construção de hidrelétricas em regiões sujeitas a secas. Povos indígenas e moradores de periferias, afirma o painel, são especialmente vulneráveis a medidas “maladaptativas” (OC, 2022).

Há progressos, mas a atual adaptação humana às mudanças do clima ainda é insuficiente - quando comparada ao necessário para reduzir os riscos que as aumentam - tanto em relação ao nível de relevância atribuído e mobilização alcançada, como em relação aos esforços realizados e financiamentos disponibilizados. Assim, pode-se afirmar que “a maior parte da adaptação ainda é fragmentada, em pequena escala, setorial e reativa a impactos atuais ou riscos imediatos, além de ter foco em planejamento em vez de implementação e de ser desigual entre regiões e populações” (OC, 2022).

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

A pesquisa em questão adotou uma abordagem qualitativa, cuja finalidade é explicativa, ou seja, se propôs a esclarecer informações, conceitos e apresentar fatores contribuintes para a temática. Assim, a metodologia empregada foi a análise documental e bibliográfica, detalhada neste item. Percorreu as etapas de: Levantamento e Coleta de Dados; Análise e Discussão de resultados; Conclusão.

Foram consultados trabalhos acadêmicos e congêneres, documentos e dados oriundos de órgãos públicos, pesquisas científicas, instituições governamentais, científicas e instituições não governamentais especializadas no tema, a citar: *Intergovernmental Panel For Climate Change (IPCC)*, *United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua), Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA); Observatório do Clima (OC); Nações Unidas Brasil, Organização das Nações Unidas (ONU).

Também, normas, decretos e leis, a citar: Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab); Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB); Plano Nacional de Adaptação à Mudança Climática (PNA); Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), Lei Nº 6.938/1981; Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), Lei Nº 12.114/2009; Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei Nº 9.433/1997; Constituição Federal (1988); Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico, Lei Nº 11.445/2007; Código Florestal, Lei Nº 12.651/2012; Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC), Lei Nº 12.114/2009; Lei Nº 10.257/2001; Lei Nº 8.080/1990; Lei Complementar Nº 141/2012; Lei Nº 14.026/2020.

#### **3.1 Levantamento de Dados**

Esta etapa utilizou a revisão bibliográfica para verificar as condições e tratativas dos temas objetivados dentro das duas últimas décadas (2000-2020), de forma a conhecer a problemática a ser resolvida, para formular um referencial teórico que gere melhor compreensão das contribuições mais relevantes acerca do objeto estudado (CERVO; BERVIAN, 1996).

No primeiro momento, com os objetivos específicos em mente, foi realizado o levantamento de informações. Buscou-se na literatura as definições dos conceitos de saneamento básico, abastecimento de água, sistema de abastecimento de água; e os aspectos ambientais, sociais e econômicos associados. Buscou-se também as definições dos conceitos de impactos, desastres e mudanças climáticas.

Em seguida, buscou-se o planejamento existente quanto ao abastecimento de água e quanto às mudanças climáticas. Na sequência, foi realizado o levantamento de dados secundários: buscou-se na literatura dados do panorama atual do saneamento básico no Brasil, principalmente dos sistemas de abastecimento de água públicos; e dados das mudanças climáticas associadas aos recursos hídricos, como as alterações associadas à escassez ou ao excesso hídrico.

Então, buscou-se os impactos relacionados às mudanças climáticas nos recursos hídricos, a partir das perspectivas da saúde, ambiental, social, humana e econômica.

### **3.2 Análise das informações coletadas**

No segundo momento, foi realizada a análise das informações coletadas, especificamente para cada objetivo, a partir dos prejuízos identificados, do planejamento atual existente e do que poderia ser desenvolvido.

Foram analisados os impactos constatados, a partir da descrição dos danos e de uma avaliação qualitativa dos âmbitos que envolviam. Buscou-se as possíveis causas e os fatores agravantes dentro das informações coletadas da Revisão de Literatura. Foram observados padrões e buscadas outras pesquisas para comparações e realização das discussões.

Na sequência, foram analisados os elementos do planejamento existente em nível federal quanto às mudanças climáticas e que incidem no abastecimento de água. Foi comparado com as necessidades de gestão apontadas na Revisão de Literatura.

Por fim, foram realizados apontamentos acerca de adaptação climática, resiliência e vulnerabilidade de sistemas de abastecimento de água, em comparação com demais pesquisas. Foram sugeridas práticas para exemplificar a inserção da agenda climática na avaliação das condições dos sistemas de abastecimento de água diante de um evento extremo.

### **3.3 Conclusão**

No último momento, foi realizada a discussão dos resultados encontrados e conclusões, com confirmação das hipóteses iniciais motivadoras da pesquisa. Foram levantadas considerações pertinentes aos objetivos. Por fim, foi realizada uma sugestão de trabalhos futuros.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Panorama atual das condições de abastecimento de água

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2020, foram produzidos 17,2 bilhões m<sup>3</sup>/ano de água (pelos 1.354 prestadores de serviço de abastecimento de água, que atendem a 75,5% da população urbana abrangida) e consumidos 9,9 bilhões m<sup>3</sup>/ano (pelos 5.350 municípios participantes do SNIS-AE, que correspondem a 96,1% dos 5.570, total do país) no Brasil. No mesmo ano, foram produzidos 8,8 bilhões m<sup>3</sup>/ano de água e consumidos 5,2 bilhões m<sup>3</sup>/ano na região sudeste (SNIS, 2020).

Segundo o “Diagnóstico Anual de Água e Esgotos de 2020”, do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o Brasil dispõe de 12% da água doce superficial do planeta e abundantes aquíferos subterrâneos. Porém, a distribuição se dá assimétrica e desigualmente, o que reflete em 39,2 milhões de pessoas sem acesso à água potável e 99,7 milhões sem coleta de esgoto (correspondente a 48% da população). Embora 92,8% da população urbana seja atendida com abastecimento de água potável, na zona rural o índice de acesso à rede pública, de atendimento, é de apenas 29,3% (SNIS, 2020).

Em 2016, o SNIS apontou que os índices médios de atendimento total de abastecimento de água, atendimento total de rede de esgotos e o tratamento total dos esgotos gerados no Brasil eram de 83,3%, 51,9% e 44,9%, respectivamente (SNIS, 2018). Nessa época, os índices já mostravam os desafios do país para alcançar as metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS's): estes valores representam que a falta de acesso aos SAA&ES é caracterizada, principalmente, pelas desigualdades regionais e econômicas (ARENALES, 2019).

**Quadro 3: Índices de água, esgoto e perdas de água na distribuição. Fonte: Arenales (2018) adaptado de SNIS (2018).**

Região	Atendimento com rede (%)				Perdas de esgotos gerados (%)	Tratamento de água na distribuição (%)
	Água		Coleta de esgotos			
	Total	Urbana	Total	Urbana		
Norte	55,4	67,7	10,5	13,4	18,3	47,3
Nordeste	73,6	89,3	26,8	34,7	36,2	46,3
Sudeste	91,2	96,1	78,6	83,2	48,8	34,7
Sul	89,4	98,4	42,5	49,0	43,9	36,3
Centro-Oeste	89,7	97,7	51,5	56,7	52,6	35,
Brasil	83,3	93,0	51,9	59,7	44,9	38,1

Segundo Arenales (2018), como apresentado no Quadro 3, o atendimento referente ao acesso por meio de rede geral de abastecimento de água apresenta diferenças regionais. O índice de abastecimento de água por rede na região Sudeste foi de 91,2%, enquanto apenas 55,4% dos municípios da região Norte possuíam acesso a esse serviço. Nessa região, o Amapá foi o estado com o menor índice médio de atendimento urbano, ou seja, inferior a 40% (SNIS, 2018).

De maneira complementar ao foco em abastecimento de água do presente estudo, ainda segundo a autora (ARENALES, 2019), não obstante, notou-se a conservação das diferenças regionais para o índice de atendimento com rede de coleta de esgoto: a região Norte apresentou o menor percentual (10,5%) e a região Sudeste o maior (78,6%). Apenas Distrito Federal, São Paulo, Minas Gerais e Paraná apresentaram índice médio de atendimento urbano acima de 70%, enquanto aqueles cujo índice foi abaixo de 10% foram Amazonas, Amapá e Rondônia. Quanto ao índice de tratamento dos esgotos gerados, a região Centro-Oeste (52,6%) possuía o melhor índice, enquanto a região Norte tratava apenas 18,3% do esgoto gerado (SNIS, 2018).

Um aspecto importante é o índice de perdas de água, representado pela diferença entre o volume disponibilizado da estação de tratamento de água e o volume consumido (ARENALES, 2019). Dentre suas causas possíveis, encontram-se: registro com defeito ou desgaste, tubo danificado, junta ou luva corroída ou solta, hidrante vazando, ligações clandestinas ou falhas de medição. Portanto, além de demonstrar a eficiência do SAA&ES, demonstra a eficiência no uso das águas e prejuízos financeiros. Em 2018, o índice médio de perdas foi de 38,1% no Brasil: a região Sudeste teve o menor índice (34,7%) e a região Norte o maior índice (47,3%) (SNIS,

2018). Em 2020, segundo o “Relatório Luz 2020” (GTSC A2030, 2021), 60,9 milhões de pessoas vivem em cidades com risco hídrico. A eficiência no uso das águas foi a pior na última década (a cada 100 litros captados e tratados, 39 são perdidos) e a capacidade de vazão fluvial também diminuiu 58,3% (em 7 de 12 unidades) de planejamento hídrico entre 2018 e 2019. Não bastasse, os conflitos pelos recursos hídricos também aumentaram (SNIS, 2020).

De acordo com o antigo Ministério das Cidades (SNIS, 2007), 60% das perdas reais e aparentes do Brasil são recuperáveis e elas representam um gasto de cerca de R\$ 4,4 bilhões por ano. Tal valor é significativo quando comparado à demanda anual de investimentos em água e esgotos para atingir a universalização em 2025 de aproximadamente R\$ 12,0 bilhões por ano. De acordo com o diagnóstico “Perdas de Água Potável 2022 (SNIS ano base 2020): Desafios para Disponibilidade Hídrica e Avanço da Eficiência do Saneamento Básico no Brasil” recém lançado (TRATA BRASIL, 2022), o volume de água perdida no país equivale a 7,8 mil piscinas olímpicas de água tratada desperdiçada diariamente. Tal quantidade seria suficiente para abastecer mais de 66 milhões de brasileiros em um ano, equivalente a um pouco mais de 30% da população brasileira em 2020. Mesmo considerando apenas os 60% deste volume que são de perdas físicas (vazamentos), trata-se de quantidade suficiente para abastecer mais de 66 milhões de brasileiros em um ano, equivalente a um pouco mais de 30% da população brasileira em 2020 (TRATA BRASIL, 2022).

Muitas vezes, as condições desiguais no abastecimento de água são camufladas pelos indicadores de desempenho dos serviços de saneamento, que utilizam médias estatísticas associadas a grandes escalas (GRANDE et al., 2016; ZHOURI, 2008). Foi constatado também que a maior parte das empresas não mede as perdas de água de maneira consistente, ou seja, não são divulgados indicadores que reflitam de maneira independente as perdas físicas e as comerciais (TRATA BRASIL, 2022). Logo, o controle das perdas é imprescindível para a redução da demanda, para o alcance da universalização do acesso aos serviços de abastecimento de água e poderá ser determinante na redução das pressões dos recursos hídricos e na minimização dos impactos da redução das vazões dos rios decorrentes das mudanças climáticas (SILVA et al., 2014).

Segundo Silva et al. (2011), em geral, o saneamento brasileiro ainda é fundamentado na gestão da oferta, que inclui expansão do atendimento por meio da exploração de mananciais cada vez mais distantes, elevados índices de perdas por vazamentos, pouca preocupação efetiva com o uso da água nos domicílios (desperdícios elevados) e com o reuso de esgoto. Contudo, aliado ao fato de haver menos opções viáveis (principalmente nas regiões metropolitanas) para a expansão da oferta hídrica, as mudanças climáticas e seus efeitos podem compelir à solução de melhoria do aporte já existente (SILVA et al., 2011). Isso posto, uma das ferramentas mais importantes para reduzir a pressão sobre os recursos hídricos, consiste em melhorar a eficiência na utilização da água existente (GLEICK, 2010), ou seja, operacionalizar a gestão da demanda.

#### **4.2 Impactos das mudanças climáticas nos sistemas de abastecimento de água**

Segundo Silva et al. (2011), foi possível constatar que, ainda diante das previsões de alterações nas vazões dos rios brasileiros decorrentes de mudanças climáticas apresentadas até aqui, ainda não foram identificados específicos estudos de seus impactos nos sistemas de abastecimento de água no Brasil. Há estudos sobre os impactos na capacidade de produção de energia hidroelétrica advindos das mudanças climáticas (SCHAEFFER et al., 2008; TIEZZI, 2009). Todavia, foi observado que as alterações climáticas influenciam os processos e aspectos de: consumo de água (RUTH et al., 2007), desestabilização de margens de rios, descarga de sedimentos (BOYER et al., 2010), qualidade das águas (MOORE et al., 2008; BONTE & ZWOLSMAN, 2010; ARNELL, 1998; WHITEHEAD et al., 2009), migração populacional, características do uso e ocupação do solo e vegetação (BARBIERI et al., 200-).

Assim, estes serão considerados como os impactos nos sistemas de abastecimento de água da presente pesquisa, principalmente quando acentuados (em frequência, complexidade e intensidade). À vista disso, problemas antigos poderão ser agravados e também novas dificuldades surgirão frente à vulnerabilidade dos recursos hídricos mediante as variabilidades e mudanças climáticas. Tal cenário acentua os riscos sob as estruturas físicas dos sistemas de águas e de seus serviços,

prejudicando a população mais carente e inviabilizando a sustentabilidade da própria empresa prestadora (BATES et al., 2008; EPA, 2015).

Um estudo apresentado por Schardong et al. (2014) analisa o possível impacto na disponibilidade hídrica do sistema Cantareira. Este é o principal sistema produtor de água para abastecimento público da região metropolitana de São Paulo (RMSP). É responsável pelo abastecimento de cerca de 50% da RMSP (junto a outros 5 grandes sistemas produtores), cuja disponibilidade de água per capita é dez vezes inferior ao mínimo estabelecido pela ONU, segundo Cunha (2008). Enquanto a disponibilidade hídrica média per capita no Brasil é estimada em cerca de 34.000 m<sup>3</sup> de água por pessoa por ano, na RMSP é aproximadamente 200 m<sup>3</sup> (muito inferior ao mínimo de 2500 m<sup>3</sup> por ano). A baixa disponibilidade é causada especialmente pela densidade populacional elevada da região e é agravada pelos altos níveis de poluição dos rios Tietê e Pinheiros (SCHARDONG et al., 2014).

No verão de 2013 e ao longo de todo o ano de 2014, a RMSP registrou baixos níveis de precipitação e, por isso, passou pela pior crise hídrica na história. A crise foi causada pelos baixos níveis de precipitação (as vazões afluentes médias mensais foram as mais baixas já registradas), especialmente nos meses úmidos (usualmente quando os níveis do sistema se recuperam). A metodologia foi corrigir as séries de precipitação mensal e evaporação média mensal (curvas de frequência das séries) disponibilizadas pelos modelos de circulação global (GCM) para cenários futuros, tomando como base dados históricos observados para a análise do possível impacto na garantia de fornecimento do sistema. Os resultados mostram que existe possibilidade do cenário se repetir e que existe uma leve tendência de aumento das precipitações em relação à média histórica, bem como amplificação dos extremos, tanto precipitações máximas quanto mínimas (SCHARDONG et al., 2014).

Nesse sentido, as mudanças climáticas podem aumentar a vulnerabilidade dos sistemas de abastecimento de água, especialmente por estar diretamente associado à saúde pública (MEULEMAN et al., 2007). O cenário de universalização precária dos serviços de saneamento tende a agravar os riscos das populações servidas por sistemas nessas situações: quando estão em áreas com regime deficiente de abastecimento; ou quando são abastecidas com águas eventualmente contaminadas;

e/ou quando utilizam de fontes alternativas nem sempre confiáveis para o consumo (ALABURDA & NISHIHARA, 1998).

Portanto e, como constatado ao longo dessa pesquisa, danos à qualidade e quantidade da água estão diretamente relacionados à saúde humana e à saúde pública, ao provocarem a deterioração da qualidade de vida e do desenvolvimento econômico e social. Assim, frente às mudanças climáticas globais, deve-se considerar a posição central dos recursos hídricos quanto à geração de energia, produção de alimentos, consumo e higiene, saúde pública, sustentabilidade da biodiversidade e outros (TUNDISI et al., 2008). A Figura 7 abaixo apresenta as principais inter-relações dos processos que afetam qualidade e quantidade de água, a biota aquática e a população humana (TUNDISI et al., 2008).



**Figura 7: Principais problemas globais afetando serviços dos ecossistemas aquáticos e disponibilidade de água e a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Fonte: Tundisi et al. (2008).**

A qualidade da água de uma rede de abastecimento possui forte relação com o seu regime de distribuição, as características de projeto e operação do sistema de abastecimento (CLARK & COYLE, 1990), e a localização do empreendimento no que diz respeito à vulnerabilidade da área de influência (PIMENTEL & CORDEIRO NETTO, 1998). Logo, a contaminação da água nos sistemas de abastecimento se dá, em complementação aos já citados fatores, por: presença de baixas pressões na rede (por problemas operacionais ou de projeto); a manutenção inadequada da rede, dos

reservatórios de distribuição e, principalmente, das ligações domiciliares de água; e falta de esgotamento sanitário (D'AGUILA et al., 2000).

Segundo Lee & Schwab (2005), “os principais problemas enfrentados hoje pelos sistemas de abastecimento de água no Terceiro Mundo são ligados à vulnerabilidade e intermitência destes sistemas, mais do que a sua cobertura”. Também, os acidentes, como o rompimento de barragens em mananciais de água, a danificação da rede ou de reservatórios de água e uma alta de demanda, devido ao aumento de temperatura, podem provocar colapsos dos sistemas de abastecimento (BARCELLOS et al., 2009).

A intermitência do regime de abastecimento permite e favorece a intrusão de agentes patogênicos advindos de água contaminada nas redes de distribuição (LECHEVALLIER et al., 2003). O aumento da variabilidade (tanto da qualidade quanto da quantidade de água nos mananciais) pode afetar gravemente o funcionamento dos sistemas de abastecimento de água. Esses sistemas são sujeitos à entrada de micro-organismos (devido às pressões negativas na rede e outros fatores da infraestrutura) e à produção de surtos de doenças de veiculação hídrica (BARCELLOS et al., 2009).

Os cuidados fundamentais com a qualidade da água para consumo humano em sistemas de abastecimento de água após a ocorrência de enchentes devem incluir: monitoramento e reparo nos encanamentos de distribuição de água; monitoramento e análises da qualidade distribuída e consumida nos locais afetados, incluindo a contaminação por produtos químicos; tratamento, incluindo a distribuição de cloro para a população afetada tratar a mesma; fornecimento e distribuição de água potável à população, principalmente em zonas em que a água consumida é de poços; campanhas para racionalização do consumo de água (FREITAS & XIMENES, 2012).

**Quadro 4: Consequências ambientais das enchentes. Fonte: Freitas & Ximenes (2012).**

. Contaminação biológica da água para consumo humano e alimentos . Contaminação química da água para consumo humano e solos	Contaminação de água, solo e alimentos
. Comprometimento da rede e fontes alternativas de abastecimento de água, dos serviços de coleta e tratamento de esgoto, bem como dos serviços de coleta e disposição do lixo	Comprometimento dos serviços de saneamento ambiental
. Alteração nos ciclos dos vetores, hospedeiros e reservatórios de doenças e nas formas de exposições ambientais dos humanos	Alteração nos ciclos ecológicos e exposições humanas

Como consequências da redução das vazões e das velocidades dos rios, Whitehead et al. (2009) destacam o aumento do tempo de residência da água e a elevação do potencial de proliferação de algas tóxicas consequentemente, junto à redução dos níveis de oxigênio dissolvido e o aumento da taxa de sedimentação (SILVA et al., 2011). Segundo o IPCC (2007), elevadas temperaturas associadas a altas concentrações de fósforo em lagos e reservatórios provocam a proliferação de algas, que prejudicam a qualidade da água em termos de cor, odor e sabor, toxicidade e transferência de poluentes voláteis e semivoláteis. Concentrações elevadas de algas causam impactos significativos nos sistemas convencionais de tratamento de água, pois tais organismos podem flotar nos decantadores, serem carregados para os filtros e, em poucas horas, causar obstrução. Além dos odores na água tratada resultantes, representam sérios perigos à população abastecida, já que tais organismos liberam tóxicos perigosos (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

Ao tratar-se de recursos hídricos e questões ambientais e sociais, a poluição difusa deve ser considerada (LONDE et al., 2014), especialmente em eventos extremos hidrológicos (que a acentua) e ao considerar que os mananciais superficiais e subterrâneos (ponto de partida dos sistemas de abastecimento de água) podem ser afetados. Quando há precipitações atmosféricas, o lixo depositado em locais inadequados é arrastado e obstrui bueiros. A água das precipitações não é drenada satisfatoriamente, ocasionando ou piorando inundações nos ambientes urbanos, onde grande parte da superfície do solo está impermeabilizada. A água das inundações se mistura a detritos, fezes e urina de animais, animais mortos, chorume, entre outros, e é transportada, por escoamento superficial, para casas, rios, lagos, reservatórios, e pode vir a se juntar à rede de coleta de esgoto e à rede de distribuição de água (especialmente em suas falhas), aquíferos e até unidades de tratamento de água (ETAs) (LONDE et al., 2014). Como consequências, segundo Londe et al. (2014), os danos incluem: consumo de água não potável, contaminação por metais pesados, morte de peixes, impactos para os organismos aquáticos devido ao contato com material tóxico, degradação da qualidade da água, poluição estética e bacteriana, deposição de sedimentos, diminuição do oxigênio dissolvido na água, eutrofização, florescimento de cianobactérias, diminuição da capacidade de autodepuração dos recursos hídricos (LONDE et al., 2014).

Outrossim, a eutrofização e o florescimento de cianobactérias podem constituir um desastre secundário, como consequência de outros desastres, mas podem também representar um perigo direto, pois algumas cianobactérias produzem toxinas que podem representar perigo relacionado à saúde pública (ESTEVES, 1988; MILLIE et al., 1992; RICHARDSON, 1996; AZEVEDO e BRANDÃO, 2003, TUNDISI, 2003; VIDOTTI e ROLLEMBERG, 2004; PITOIS et al., 2001; VINCENT, 2004) ao gerarem reações em mamíferos que causam doenças estomacais, reações alérgicas, problemas dermatológicos e desenvolvimento de tumores (PITOIS et al., 2001).

A maioria dos reservatórios brasileiros recebe descargas excessivas de fósforo e nitrogênio (na água, são influenciadas principalmente pelas condições de uso do solo nas margens dos reservatórios), além de contar com radiação solar intensa e altas temperaturas durante a maior parte do ano. Há um ambiente ideal para o florescimento de cianobactérias, portanto, e, como muitas pessoas dependem dos reservatórios para suprimento de água, isto representa um risco para a saúde humana, além de perdas econômicas para os profissionais que dependem diretamente dos reservatórios para atividades de pesca ou turísticas e de lazer (LONDE et al., 2014).

Em rios de regiões com altas taxas de evaporação (como, no sertão do Nordeste brasileiro, o Rio Paraguaçu), as reduções das vazões associadas ao aumento das temperaturas, implicarão em maiores concentrações de sais dissolvidos. Os sistemas convencionais de tratamento de água serão ineficientes para a remoção destes sais. Ao acrescentar a realidade da precariedade da disposição dos esgotos da maioria das cidades da referida região, espera-se ainda um aumento das concentrações de coliformes termotolerantes e nutrientes nestas águas (SILVA et al., 2011). Logo, a alteração na vazão (em condições de aumento ou diminuição) pode intensificar o uso de agentes (produtos químicos) para o tratamento de água, especialmente os utilizados nos processos de coagulação, floculação e desinfecção (OLIVEIRA et al., 2015) nas estações de tratamento de água convencionais. Conseqüentemente, os subprodutos (p.e. trihalometanos) do tratamento de água convencional podem aumentar e os cuidados com a sua disposição devem ser reforçados ao que concerne a saúde e o meio ambiente (SOARES et al., 2002).

Em revisão elaborada por Tominaga & Midio (1999), observou-se, a partir de dados epidemiológicos, que os subprodutos da cloração (processo mais comum

adotado) podem aumentar a incidência de certos tipos de câncer na população humana. Processos alternativos de desinfecção da água, que evitam a formação dos trihalometanos não utilizam cloro livre (como ozonização e radiação ultravioleta), mas também podem levar à formação de outros subprodutos, conforme o teor de matéria orgânica presente na água, sendo que seus efeitos na saúde humana ainda não foram completamente avaliados (SOARES et al., 2002).

O processo de tratamento de água convencional também pode causar danos ambientais. Segundo Cordeiro (2000), no Brasil, a água de lavagem dos filtros (e dos tanques de preparação de soluções e suspensões de produtos químicos) e o lodo dos decantadores tradicionais são resíduos do processo de tratamento. Tais resíduos são frequentemente dispostos nos mananciais próximos às estações de tratamento de água (ETAs). A toxicidade potencial desses resíduos depende de inúmeros fatores - como a escolha dos produtos químicos empregados (como o sulfato de alumínio, muito utilizado no processo de coagulação e floculação da água - é necessário um maior cuidado com a sua disposição, de modo a evitar maiores prejuízos ao meio ambiente (SOARES et al., 2002). O próprio aumento do uso dos agentes no tratamento e das limpezas nas ETAs após episódios, também geram impacto econômico para os sistemas (SOARES et al., 2002).

As unidades que compõem esse sistema geralmente apresentam vulnerabilidades frente a variabilidades climáticas (ARENALES, 2019). Durante um período de seca, o sistema de abastecimento de água pode não conseguir atender a demanda de uma determinada região devido a variação no fluxo de um manancial superficial. Por isso, a construção de reservatórios que possam armazenar água para períodos com maior escassez é importante e necessária (VESILIND, 2013). Além do funcionamento do sistema, a suspensão do fornecimento de energia elétrica da rede pública, devido aos períodos de estiagem, impacta não apenas os consumidores de energia elétrica (em termos de aumento de tarifa), mas também o funcionamento de todo o sistema de abastecimento de água, caso esse não possua outra fonte para a obtenção de energia (como geradores de energias ou um sistema de segurança para emergências) (WHO, 2009).

Por conseguinte, é possível reunir os principais impactos esperados nos sistemas de abastecimento de água: “danos à infraestrutura de redes de água; redução da

recarga de águas subterrâneas devido longos períodos de seca; aumento na competição entre os usos; contaminação mananciais; alteração na vazão e na qualidade de água dos mananciais; redução da diluição dos poluentes; eutrofização nos reservatórios; aumento do consumo de produtos químicos utilizado pelas empresas de saneamento; efluentes mais concentrados; diminuição da disponibilidade de água para a geração de hidroeletricidade” (ARENALES, 2019). Os impactos são apresentados na Figura 8 a seguir:



**Figura 8: Consequências das mudanças climáticas sobre o Serviço de Abastecimento de Água e Esgoto Sanitário (SAA&ES) em cenário de seca. Fonte: Arenales (2019), baseada em Oliveira et al. (2015), Bates et al. (2008) e Epa (2015).**

### 4.3 Considerações sobre impactos das mudanças climáticas

Tundisi et al. (2008) destacam que, no amplo contexto social, econômico e ambiental do século XXI, as causas principais da "crise da água" estão associadas aos seguintes problemas e processos:

- “Intensa urbanização, aumentando a demanda pela água, ampliando a descarga de recursos hídricos contaminados e com grandes demandas de água para abastecimento e desenvolvimento econômico e social” (TUCCI, 2008);
- Estresse e escassez em razão de mudanças globais com eventos hidrológicos extremos, aumentando a vulnerabilidade da população humana e comprometendo a segurança alimentar (chuvas intensas e período intensos de seca);
- Estresse e escassez de água em muitas regiões do planeta em razão das alterações na disponibilidade e aumento de demanda;

- Infraestrutura pobre e em estado crítico em muitas áreas urbanas, sendo registradas perdas de até 30% na rede após o tratamento das águas.

Tais questões, associadas à ausência de ações consistentes para articulação e governabilidade de recursos hídricos na sustentabilidade ambiental, contribuem para: “o aumento e exacerbação das fontes de contaminação; a alteração das fontes de recursos hídricos; mananciais com escassez e diminuição da disponibilidade; aumento da vulnerabilidade da população humana, em razão de contaminação e dificuldade de acesso à água de boa qualidade (potável e tratada)” (TUNDISI et al., 2008). Portanto, as mudanças climáticas estão diretamente associadas ao e refletem o impacto de processos socioeconômicos e culturais, como o crescimento populacional, a urbanização, o uso e a ocupação do solo, a industrialização, o aumento do consumo de recursos naturais e da demanda sobre os ciclos biogeoquímicos (MC MICHAEL, 1999).

O processo de urbanização impõe às grandes redes de abastecimento de água a solução para o suprimento doméstico de água. Aqueles que não utilizam da rede unificada de abastecimento, mas sim de poços e pequenos mananciais superficiais, podem obter água em quantidade e qualidade adequadas fora do perímetro das cidades. Todavia, soluções individuais são consideradas sujeitas a altos riscos de doenças devido à contaminação de suas fontes de água quando aderidas nos ambientes de grande adensamento populacional (BARCELLOS et al., 2009). Portanto, devido à conhecida heterogeneidade na ocupação do solo urbano, à acidentada topografia da cidade, (BARCELLOS et al., 2009), à exclusão socioeconômica e aos processos frutos do modelo capitalista no Antropoceno, os problemas com o abastecimento de água tendem a ser concentrados em áreas e grupos socioespaciais vulneráveis.

O termo Antropoceno é compreendido como uma nova época geológica, em que a atividade humana tem causado profundas e aceleradas transformações na dinâmica ambiental (física, química e biológica) do planeta. Para alguns autores, a crise climática talvez seja o maior desafio trazido pelo Antropoceno. Foi cunhado em 1995 pelo Prêmio Nobel de Química, Paul Crutzen, mas os debates em torno da temática têm ocorrido na última década e, com maior afinco, nos últimos anos (MENDES, 2020).

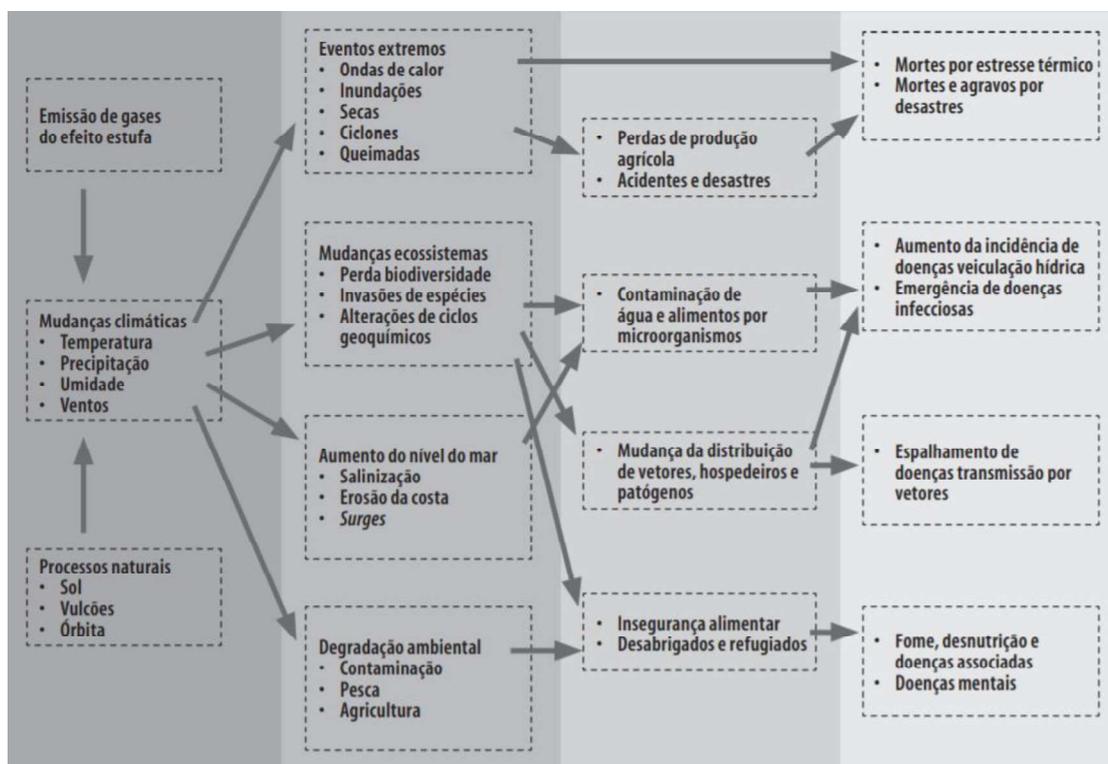
Barcellos et al (2011) pontua que o mundo vem passando por mudanças que não estão limitadas apenas a aspectos climáticos. Paralelo aos processos de mudanças climáticas, a globalização é acelerada (aumento da conectividade e troca entre pessoas, mercadorias, serviços e informações), há mudanças ambientais (alteração de ecossistemas, redução da biodiversidade, acúmulo de toxinas e substâncias tóxicas) e a precarização de sistemas de governo (como a redução de investimentos em saúde, que força a dependência do mercado privado e aumenta as desigualdades sociais) (BARCELLOS et al., 2009).

Em assunto de saúde pública, conforme Barcellos et al. (2009), “a possibilidade de prevenir, diagnosticar e tratar algumas pessoas e excluir outras desses sistemas aprofundou as diferenças regionais e sociais de vulnerabilidades e transformou as desigualdades sociais num importante diferencial de riscos ambientais”. Tal observação pode ser transportada para o saneamento básico, uma vez que possui forte relação com a saúde pública e tem, dentre seus atores, o Ministério da Saúde (MS). Logo, cabe aos setores citados ir além de prevenir esses riscos (a partir do fornecimento de respostas para os impactos causados pelas mudanças ambientais e climáticas) e atuar na redução das vulnerabilidades sociais envolvidas, por meio de adaptações e mudanças comportamentais individual, social e politicamente, visando um mundo mais justo, saudável e de respeito (BARCELLOS et al., 2009).

Nesse sentido e, como um dos principais impactos sociais, de saúde humana, constatados na presente pesquisa, estão as doenças de veiculação hídrica. Há diversos relatos de surtos de doenças de veiculação hídrica transmitidos pelo sistema de distribuição de água no mundo, como na capital do Rio de Janeiro. Lá, cerca de 97% dos domicílios, segundo o censo demográfico de 2000, são abastecidos de água pela rede geral. Por outro lado, a contaminação da rede geral por coliformes abrange a maior parte da população sob risco, o que representa cerca de 35% da população total do município (BARCELLOS et al., 1998).

Confalonieri (2005) mostra que a conexão entre os recursos hídricos e a saúde humana se dá através de sistemas biofísicos (ecossistemas), sistemas socioeconômicos e políticos (ciclo hidrossocial) e sistemas de saúde. As doenças contagiosas transmitidas pela água são diferenciadas em: origem diretamente da água (como a giardíase, criptosporidíase e cólera); contato com a água (como a

esquistossomose); relacionadas à água, quando esta é essencial para o ciclo de transmissão (como no criadouro de mosquitos transmissores de malária e dengue) (BARCELLOS et al., 2009). As doenças de veiculação hídrica são doenças infecciosas que podem ser fortemente afetadas por mudanças ambientais e climáticas. Para tais, o saneamento é a principal estratégia de controle. E, portanto, “a variação de respostas humanas relacionadas às mudanças climáticas parece estar diretamente associada às questões de vulnerabilidade individual e coletiva” (BARCELLOS et al., 2009). Adiante, a Figura 9 ilustra possíveis caminhos, sob o viés sanitário, principalmente, dos impactos das mudanças climáticas.



**Figura 9: Possíveis caminhos dos efeitos das mudanças climáticas sobre as condições de saúde humana. Fonte: Adaptado de McMichael, Woodruff e Hales Lancet (2006).**

Segundo Bates et al. (2008), o setor de saneamento será fortemente impactado com a variabilidade e/ou mudança climática, sejam as origens dos processos naturais internos ou forças externas, assim como as ações antropogênicas. Vale pontuar que há diferença entre os termos mudanças climáticas e variabilidade climática: mudança climática é uma alteração contínua que pode ser identificada estatisticamente por mudanças na média meteorológica e/ou na variabilidade das propriedades do clima (temperatura, precipitação e ventos) a longo prazo; enquanto a variabilidade climática

se refere ao dinamismo anual do clima com relação ao valor médio a longo prazo (BATES et al., 2008; MSG, 2010).

Os grupos mais impactados, de acordo com Mendonça e Leitão (2008), são as populações de baixa renda, pois são as mais vulneráveis ao desabastecimento de água devido às lacunas da política de habitação. Com a crescente urbanização, esses grupos são forçados a construir suas habitações em áreas inseguras, que são locais de grande risco do desastre associado em virtude de suas características físicas. “O risco de desabastecimento de água para essas populações está atrelado à incerteza da regularidade do funcionamento dos sistemas de abastecimento público” (DINIZ, 2018). Segundo Millanez et al. (2010), as desigualdades entre grupos e classes sociais - como condições precárias de acesso à renda e a serviços básicos de cidadania (saúde, segurança, educação e infraestrutura em geral) - são geradas e/ou acentuadas pela resiliência aos impactos das alterações climáticas. Dessa forma, “grupos sociais em maior vulnerabilidade socioeconômica frequentemente são também mais vulneráveis a eventos como enchentes, secas prolongadas, falta de disponibilidade hídrica, variação na quantidade e no preço dos alimentos e variações nas dinâmicas de recursos naturais específicos” (MILLANEZ et al., 2010).

É nessa perspectiva que é configurada e vale ser citada a injustiça hídrica no abastecimento de água no espaço urbano: condições desiguais de acesso ao recurso, juntamente à incapacidade do gerenciamento de recursos hídricos de gerar condições equitativas no abastecimento de água. As condições desiguais no abastecimento de água são camufladas nos indicadores de desempenho dos serviços de saneamento, pois estes utilizam médias estatísticas associadas a grandes escalas (GRANDE et al., 2016; ZHOURI, 2008).

Segundo Carvalho e Santos (2005), o Nordeste é apontado como a região mais sensível a mudanças climáticas em vista dos baixos índices de desenvolvimento social e econômico, a partir de uma estimativa de vulnerabilidade das populações brasileiras (CARVALHO & SANTOS, 2005). Avaliações assim, partem do pressuposto que populações com piores condições de renda, educação e moradia sofreriam os maiores impactos das mudanças ambientais e climáticas. No entanto, é apontado que as populações mais pobres nas cidades e no campo têm demonstrado uma imensa capacidade de adaptação, uma vez que já se encontram excluídas de sistemas

técnicos (GUIMARÃES, 2005). Se a vulnerabilidade é maior entre pobres, não se pode afirmar que a parcela incluída e mais afluyente da sociedade esteja isenta de riscos, ao contrário, sua capacidade de resposta (imunológica e social) é mais baixa (BARCELLOS et al., 2009).

Durante muito tempo, de acordo com Diniz (2019), o estudo de desastres era focado na ocupação humana das zonas de risco e como as populações respondiam aos efeitos desse desastre para reduzir os riscos e impactos ambientais (CUTTER, 1996). Com a inclusão das perspectivas socioculturais à problemática do desastre e com os questionamentos acerca da vulnerabilidade das sociedades aos riscos ambientais, o conceito de vulnerabilidade ganhou destaque e tornou-se base para políticas de redução de riscos (DINIZ, 2019).

O conceito de vulnerabilidade está imbuído em diversas teorias disciplinares que sustentam sua origem técnica ou social, pois é utilizado em várias áreas do conhecimento (FUCHS; BIRKMANN; GLADE, 2012). Diversas definições surgiram e são utilizadas nos diversos contextos, adaptando-se para cada área do conhecimento por se tratar de um conceito bastante amplo (MALTA; COSTA; MAGRINI, 2017). Apesar da grande relevância atribuída a ele, ainda há a carência de um consenso atribuído à sua multidisciplinaridade (DINIZ, 2019).

O conceito de justiça climática envolve a necessidade de garantia de reparação para pessoas afetadas pelos danos socioambientais, além do fomento à representatividade nos espaços de decisão sobre o meio ambiente e participação nas políticas públicas de desenvolvimento sustentável (GRANINHAS, 2022). Logo, ações e políticas públicas devem ser construídas através da colaboração com as pessoas mais afetadas pelas consequências da crise climática.

O conceito de racismo ambiental deve ser mencionado. É identificado quando as populações étnico-raciais historicamente excluídas e economicamente vulnerabilizadas (pessoas periféricas, ribeirinhas e pobres, sendo a maioria pretos, pardos, indígenas e quilombolas), que sofrem desproporcionalmente com os impactos e danos de eventos extremos frutos da degradação ambiental e do aquecimento global, de maneira que seus direitos humanos e direito à vida são ameaçados, sem usufruírem dos lucros advindos da destruição do meio ambiente em prol da exploração e produção econômicas. Socioeconomicamente, sofrem impactos associados: ao

crescimento de favelas; a moradia em áreas de lixões, com risco de contaminações, deslizamento de terra ou rompimento de barragens; a expulsão de seus territórios para a extração de recursos; áreas urbanas sem coleta e tratamento de esgoto, ou água tratada; saúde e formas de sustento afetadas por empreendimentos; a não demarcação e desrespeito de terras indígenas e quilombolas (GRANINHAS, 2020).

Segundo Pacheco (2008), as injustiças sociais e ambientais têm origens comuns e se retroalimentam perversamente, sendo perpassadas pela lógica descompensada de forjar condições de degradação crescente para alguns, enquanto propicia lucro abusivo para outros. A autora afirma: “É a submissão a um modelo de desenvolvimento cada vez mais excludente, que faz com que as autoridades optem pela conivência (ou, pelo menos, pela omissão), e assim ignoram o desrespeito às leis trabalhistas e ambientais; subsidiam ou diminuem impostos para atrair empresas (ainda que nocivas ao meio ambiente e aos próprios trabalhadores); e realizam o que poderíamos chamar de verdadeiros leilões de recursos humanos e naturais” (PACHECO, 2008).

Segundo a mesma autora, tratar de justiça ambiental (e climática) traz implicitamente o conceito “social”, inerente à essência da justiça em si. Analogamente, tratar de racismo ambiental deve incluir o combate ao racismo institucional ou à forma como ele se manifesta cotidianamente, ou seja, o preconceito. Vale ressaltar que este não se restringe a negros, afrodescendentes, pardos ou mulatos. Está presente na descartabilidade das populações tradicionais (ribeirinhos, quebradeiras de coco, geraizeiros, marisqueiros, extrativistas, caiçaras, quilombolas, pequenos agricultores familiares), no trato aos povos indígenas e, no Sul e Sudeste, principalmente, no trato aos brancos pobres cearenses, paraibanos e maranhenses (PACHECO, 2008). Mediante objetivo de um mundo novo, ético, justo e democrático, deve-se integrar tal percepção como parte de um todo que deve ser combatido e derrotado.

#### **4.4 Considerações finais: vulnerabilidade e resiliência de sistemas de abastecimento de água**

O conceito de resiliência foi definido em 1973, pelo ecólogo Holling, como sendo a medida de como um sistema mantém suas características essenciais de estrutura e função após sofrer perturbações (HOLLING, 1973). A definição, da Ecologia, sugere que o equilíbrio em sistemas ecológicos ocorre apenas dentro de uma escala limitada

de tempo e espaço, ressaltando que nesses sistemas as mudanças não são lineares, portanto, o equilíbrio não é permanente (BUSCHBACHER, 2014). Tal definição, pode ser aplicada à área de Saneamento, posto que, diante de um cenário de mudanças climáticas, suas infraestruturas e os recursos hídricos serão fortemente impactados (BRITTO & FORMIGA-JOHNSSON, 2010).

Logo, os sistemas de abastecimento de água devem ser capazes de adaptação e resistência às mudanças climáticas. O grau de resiliência pode ser avaliado perante a qualidade da infraestrutura urbana e as estruturas governamentais que coordenam, planejam, gerenciam e implementam políticas e serviços públicos (MARTINS, 2010). Assim, a resiliência às mudanças climáticas de um sistema de abastecimento de água significa a capacidade do sistema de projetar, operar, recuperar, aprender, adaptar e manter seus serviços em situações de alterações dos regimes de chuva (ARENALES, 2019). E, tendo como base esses pontos críticos, é possível mitigar os efeitos das alterações climáticas e impactos na sua estrutura, bem como favorecer a rápida recuperação na provisão dos serviços (EPA, 2015).

Um sistema resiliente possui várias características importantes para prepará-lo para enfrentar os perigos causados pelas alterações climáticas com flexibilidade, agilidade e rapidez. Essas atuam como meios para o próprio sistema desenvolver atividades que o ajudem a retornar ao seu estado de equilíbrio anterior (EPA, 2015). O Quadro 5 apresenta ações necessárias que devem ser desenvolvidas em um sistema de abastecimento de água para diminuir sua vulnerabilidade, considerando um cenário de seca e os atributos da resiliência (ARENALES, 2019).

**Quadro 5: Exemplos de ações a serem desenvolvidas no sistema de abastecimento de água para aumentar a resiliência. Fonte: Arenales (2019).**

Atributos da Resiliência	Exemplo de atividades que devem ser desenvolvidas no sistema de abastecimento de água
Projetar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realização de um planejamento das suas atividades considerando um cenário de seca.</li> <li>• Realização de reuniões com a sociedade, bem como com a reguladora, prefeito do município e ONGs que visem cumprir e aprimorar seu compromisso de atingir o ODS 6 diante de uma situação adversa.</li> </ul>
Operar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realização de treinamento para que seus funcionários consigam trabalhar em situações adversas.</li> <li>• Realização de manutenção dos equipamentos e monitoramento hidrológico visando não parar de operar durante um evento adverso.</li> </ul>
Adaptar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar produtos que possam ser facilmente substituídos por outros produtos.</li> <li>• Possuir geradores.</li> </ul>
Recuperar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possuir reserva financeira para a realização de obras emergenciais.</li> <li>• Possuir equipamentos reservas.</li> </ul>
Aprender	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar como outras empresas superaram os impactos causados por variabilidade climática.</li> <li>• Compartilhar informações com empresas do ramo relacionadas aos impactos causados pela variabilidade climática.</li> </ul>
Manter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possuir meios para manter o fornecimento de água tratada durante períodos de estiagem. Por exemplo, caminhões pipa.</li> <li>• Possuir parcerias com outras empresas para não deixar de realizar suas atividades com qualidade e continuidade devido a uma situação de emergência.</li> </ul>

A resiliência de um sistema de abastecimento de água em relação a variação da precipitação, afetada pelas mudanças climáticas, foi foco do trabalho “*Quantitative Assessment of Resilience of a Water Supply System Under Rainfall Reduction Due to Climate Change*” (AMARASINGHE et al., 2016). A proposta era que a resiliência fosse obtida por meio de indicadores que relacionassem a funcionalidade do serviço de abastecimento, com um determinado limiar de falha, juntamente com a capacidade total de atendimento. Assim, o sistema será considerado resiliente de acordo com a sua capacidade de absorver as disrupções e o seu potencial de redução no uso da água. Para mostrar o potencial de utilização dos indicadores propostos foi realizado um estudo de caso no estado de Queensland (Austrália), onde foi comprovado que a resiliência obtida foi capaz de identificar condições críticas no sistema (ARENALES, 2019). Adiante, o Quadro 6 apresenta uma relação, dentro de um modelo proposto,

dos níveis de resiliência de um sistema de abastecimento de água, etapas e componentes associados.

**Quadro 6: Relação dos quatro primeiros níveis de um modelo proposto. Fonte: Arenales (2018) adaptado de Fisher et al. (2010).**

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	
Resiliência	Robustez	Redundância	Manancial	
			Adução	
			Tratamento	
			Reservatório	
			Rede de distribuição	
			Ramal domiciliar	
		Prevenção	Mitigando os danos	
			Proteção de dependências	
			Manutenção das funções essenciais	Planejamento
	Capacidade de superação	Treinamento		Plano contínuo de treinamento
				Plano de segurança
				Sistema de teste
		Consciência		Vulnerabilidade
				Compartilhamento de informação
		Medidas de proteção		Comunicação e notificação
				Plano inicial e preparação
		Reserva		Energia elétrica
				Produtos
		Resposta		Financeiro
				Planejamento
		Novos recursos		Segurança
				Produtos similares
				Suporte
		Locais alternativos		Equipamentos
	Modo alternativo de obter produtos			
	Perdas devido a desastres naturais			
	Recuperação	Restauração		Características de restauração
Coordenação interna				
Coordenação			Coordenação externa	

Também, novas abordagens alusivas à gestão de recursos hídricos pautadas na redução da vulnerabilidade ao desabastecimento de água têm sido buscadas, o que se torna uma necessidade evidente, principalmente em períodos de escassez de água (DINIZ, 2019). Assim, faz-se necessária a adoção de sistemas de gerenciamento de recursos que se adaptam a incertezas e mudanças futuras, que orientem os processos de tomada de decisão (DE SOUZA; FLANERY, 2013).

Nesse sentido, é crucial a avaliação da vulnerabilidade ao desabastecimento de água nas cidades para identificar as regiões mais vulneráveis, afim de concentrar as possíveis intervenções nessas áreas para redução dos impactos e danos associados à escassez de água. Essa avaliação deve ser baseada na associação de fatores sociais, econômicos e institucionais aos fatores físicos, pois a segurança hídrica pode estar mais ligada a questões de governança e gestão de recursos hídricos do que à própria disponibilidade de água (BORUFF et al., 2018).

Há várias formas de avaliar a vulnerabilidade que fornecem informações para tomada de decisão a fim de possibilitar novas estratégias para redução dos riscos aos desastres. Boa parte das metodologias utilizam uma definição de vulnerabilidade baseada em suas dimensões: exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa (RUNFOLA et al., 2017). Apesar de não haver uma estrutura conceitual acordada para mensuração da vulnerabilidade, são comumente utilizados indicadores para compor uma representação da vulnerabilidade. A avaliação é conduzida através da seleção de indicadores que representam informações associadas aos impactos do desastre, caracterizando as dimensões da vulnerabilidade (TZILIVAKIS et al., 2013; YUAN et al., 2013). Esses indicadores são agregados e reproduzem a situação da vulnerabilidade através da união das características peculiares de cada localidade (DINIZ, 2019).

Assim, um dos desafios no estudo da vulnerabilidade é a sua mensuração. O desenvolvimento de metodologias para avaliar a vulnerabilidade tornou-se essencial para promover a redução de riscos aos desastres. Contudo, ainda não foi desenvolvida uma metodologia universalmente aceita para identificar e mensurar os riscos e as vulnerabilidades ao desastre (BORUFF et al., 2018). A complexidade de sua avaliação dificulta a construção de uma metodologia amplamente aceita para entender a vulnerabilidade (DINIZ, 2019).

De acordo com Mendonça e Leitão (2008), é necessário direcionar também a gestão de recursos hídricos para a questão da habitação e da ocupação do território, uma vez que são fatores interferentes no acesso e distribuição de água. As características de cada local do município vão determinar e delimitar a vulnerabilidade e nortear as intervenções para mitigação ou prevenção frente aos efeitos do desastre. Sendo assim, é possível concluir que diferentes localidades do município apresentam

diferentes vulnerabilidades ao desabastecimento de água de acordo com suas características inerentes, caracterizando situações de desigualdades no abastecimento de água dentro do próprio município (DINIZ, 2019).

Quanto ao planejamento para a gestão de riscos de desastres relacionados à água, uma abordagem integral deve considerar todas as etapas do gerenciamento de riscos de desastres: prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. Os papéis e atores envolvidos também devem ser determinados em conformidade com o contexto brasileiro. Merece destaque que qualquer plano de mitigação de desastres dependerá da participação das comunidades para ser efetivo, incluindo os planos específicos relacionados aos recursos hídricos. A população deve compreender os sistemas de monitoramento e alertas, como funcionam, quando e porque é necessário evacuar áreas de risco e o que fazer durante uma situação de desastre. Os papéis e as responsabilidades das diferentes organizações envolvidas com Proteção e Defesa Civil devem ser esclarecidos e realizados treinamentos junto à população para o enfrentamento dessas adversidades (DINIZ, 2019).

Em situações de desastres relacionados à água, esta se torna o bem mais precioso para as pessoas afetadas, apesar de problemas de contaminação, racionamento e transmissão de doenças. As vítimas dependem da água potável para permanecerem saudáveis e então serem capazes de agir buscando sua total recuperação. Os recursos hídricos, portanto, devem ser uma prioridade na agenda de tomadores de decisão e gestores: um planejamento eficaz de enfrentamento de riscos de desastres relacionados à água deve garantir o monitoramento, preservação e suprimento adequados (DINIZ, 2019).

## 5 CONCLUSÃO

Após a revisão de literatura (impactos no sistema estudado), análise e discussão dos resultados, é possível concluir que praticamente toda a sociedade é e será impactada - ambiental, social, economicamente e em outros vieses, como a memória coletiva e saúde mental - pelas consequências das mudanças climáticas no abastecimento de água e seus sistemas públicos, seja direta ou indiretamente. Tais mudanças, mesmo não tendo suas causas localmente, ainda fogem à exata previsibilidade. Mas, ao que a revisão bibliográfica demonstra, os impactos nos recursos hídricos são e serão sentidos mais explicitamente.

As previsões e perspectivas não são positivas. Mudança climática faz mal à saúde física e mental das pessoas. Conforme apresentado na presente pesquisa, ao redor do mundo, a mortalidade e a morbidade por extremos de calor aumentaram, bem como a ocorrência de doenças causadas por alimentação e água relacionadas à crise do clima, como cólera e proliferação de cianobactérias. Ademais, o IPCC, referência científica principal, expressa a preocupação com o aumento da frequência e severidade de eventos climáticos extremos, a desigualdade nos impactos, o custo dos impactos e, particularmente, as populações indígenas.

Os riscos associados às mudanças climáticas globais não podem ser avaliados desvinculados desse contexto. Ao contrário, deve-se ressaltar que os riscos são o produto de perigos e vulnerabilidades (como costumam ser medidos nas engenharias). Os perigos, no caso das mudanças globais, são dados pelas condições ambientais e pela magnitude de eventos. Já as vulnerabilidades, são conformadas pelas condições sociais, marcadas pelas desigualdades, as diferentes capacidades de adaptação, resistência e resiliência.

As projeções climáticas sinalizam alterações na distribuição das chuvas e, portanto, na quantidade e na qualidade das águas dos corpos d'água. Entretanto, os sistemas de abastecimento de água brasileiros (componente importantíssimo do saneamento básico alinhado aos papéis de direito, saúde, serviço e infraestrutura), usuários prioritários, estão conduzindo suas ações ainda baseados na gestão da oferta - fato exemplificado pelos elevados níveis de perdas nas redes de distribuição.

Os impactos do clima exigem modificações no gerenciamento das águas, sendo imprescindível sua inserção para avaliação de sistemas de recursos hídricos. Com isso, busca-se encontrar mais efetivamente o equilíbrio entre disponibilidade hídrica e demanda. O contexto exige, desde o presente, novos modelos de gestão dos recursos hídricos pautados na adaptabilidade, flexibilidade, resiliência e sustentabilidade. As abordagens da gestão integrada adaptativa, com gestão da demanda e mensuração de vulnerabilidades, podem conduzir à efetivação da sustentabilidade hídrica e, por conseguinte, à eficiência econômica, equidade social e sustentabilidade ecológica.

Tamanha a dimensão e a complexidade envolvidas nessa temática, é relevante pontuar que, embora a pandemia de Covid-19 - prioridade das ações e dos esforços em saúde pública atuais - também demande anos (e talvez décadas) para que possivelmente sejam recuperadas, compensadas, mitigadas ou reparadas as perdas humanas, ambientais, sociais e econômicas, as mudanças climáticas continuarão a representar uma ameaça contínua e crescente para vidas humanas, ecossistemas, economias e sociedades nos séculos vindouros. Muitos consideram a crise causada pela pandemia de Covid-19 como o prelúdio do que ainda será enfrentado pela humanidade com a questão climática e, para tanto, deve ser utilizada para aprendizados relativos à cooperação entre atores de diversas esferas e para a coordenação de ações globais-locais.

### **5.1 Sugestões para trabalhos futuros**

Em vista do contexto e dos desafios apresentados, a sugestão de trabalho a ser desenvolvido é a elaboração de um método para diagnóstico e avaliação do sistema de abastecimento de água público perante os impactos das mudanças climáticas. A intenção é que permita identificar impactos ambientais, sociais e econômicos associados e mensurar o nível de gravidade do sistema quanto às mudanças climáticas. Como apresentado e concluído na presente pesquisa, deve ser pautado na adaptabilidade, flexibilidade, resiliência e sustentabilidade. Também, deve ser adaptável às especificidades da localidade e complementar ao planejamento já em curso, colaborando para a implementação de melhorias. Assim, poderia ser utilizado como protocolo pelos gestores de sistemas de abastecimento de água e também de maneira transversal a demais áreas gestoras de um município, uma vez que

consideraria para avaliação o comportamento econômico e social do mesmo, bem como o uso e a ocupação do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSELRAD, H. **Ambientalização das lutas sociais: o caso do movimento por justiça ambiental**. Rio de Janeiro: FASE - IPPUR/UFRJ, 2011.

ADDISCOTT, T.M.A. **Critical review of the value of buffer zone environments as a pollution control tool**. In: HAYCOCK, N.E.; BURT, T.P.; GOULDING, K.W.T. & PINAY, G., ed. *Buffer zones: Their processes and potential in water protection* Hertfordshire, Quest Environment, p.236-243, 1997.

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L., 1998. **Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços**. *Revista de Saúde Pública*, 32:160-165.

ALEXANDER, L. V. et al. **Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation**. Submitted to *J. Geophys Res.*, 2006.

ALFACOMP. **Telemetria de água e esgoto**. 2022. Disponível em: <<https://alfacomp.net/portfolio-item/telemetria/>>. Acesso em: maio de 2022.

ALLAN, R. P.; SODEN, B. J. **Atmospheric warming and the amplification of precipitation extremes**. *Science*, v.321, p.1480–1484, 2008.

ALVES, Isaura Macêdo; BEZERRA, Saulo de Tarso Marques; SILVA, Gilson Lima da; DUARTE, Armando Dias; MARANDUBA, Henrique Leonardo. **Análise do nexos água-energia-gases de efeito estufa em um sistema de abastecimento de água no Nordeste do Brasil**. Disponível em: <[http://www.rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes\\_RBCIAMB/article/view/1036/729](http://www.rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/1036/729)>. Acesso em: maio de 2022.

ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: informe anual**. Brasília. 2020. Disponível em: <[www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura-2020](http://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura-2020)>. Acesso em: abril de 2022.

ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Relatório Conjuntura Recursos Hídricos Brasil 2021. Qualidade e Quantidade da Água**. 2021. Disponível em: <<https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/quantidade-qualidade>>. Acesso em: maio de 2022.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Atlas Águas Abastecimento Urbano**. 2021. Disponível em: <[https://metadados.snirh.gov.br/files/d77a2d01-0578-4c71-a57e-87f5c565aacf/ANA\\_ATLAS\\_Aguas\\_AbastecimentoUrbano2021.pdf](https://metadados.snirh.gov.br/files/d77a2d01-0578-4c71-a57e-87f5c565aacf/ANA_ATLAS_Aguas_AbastecimentoUrbano2021.pdf)>. Acesso em: dez. de 2021.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil - Encarte Especial sobre a Crise Hídrica**. 2014. Disponível em <<http://conjuntura.ana.gov.br/docs/crisehidrica.pdf>>. Acesso em: dez. de 2021.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Índice de Segurança Hídrica - ISH**. 2021. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/c349dc5a-0c01-4f14-9519-e3340fef2c66#:~:text=De%20acordo%20com%20o%20conceito%20da%20Organiza%C3%A7%C3%A3o%20das,e%20do%20uso%20da%20%C3%A1gua%20em%20um%20pa%C3%ADs>>. Acesso em: dez. de 2021.

ANDRÉ, I. R. N. 2006. **Algumas considerações sobre mudanças climáticas e eventos atmosféricos severos recentes no Brasil**. Climatologia e estudos da paisagem. 1(1/2): 1-9.

ANDREANI JUNIOR, R. et al. **Influência da restauração florestal da área de preservação permanente no risco de erosão em bacia hidrográfica do sudoeste de Minas Gerais**. In: I CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE DESASTRES NATURAIS CBDNat, 2013, São José dos Campos. Anais... São José dos Campos, 2013.

ARAÚJO, S.M.V.G; JURAS, I. A. G. M. **Comentários à lei dos resíduos sólidos: Lei nº 12.305, de agosto de 2010**. São Paulo: Pillares, 2011.

ARENALES, Amanda. **Avaliação da resiliência de uma empresa de saneamento frente às mudanças climáticas - Estudo de caso do município de Araraquara/SP**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. Programa Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental. São Carlos 2019. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-19112019-100918/publico/DissertacaoAmandaArenales.pdf>>. Acesso em: mar. de 2022.

ARNELL, Nigel W. **Climate Change and Water Resources in Britain**. Climatic Change, v. 39, p. 83–110, 1998.

ARNELL, Nigel W. **Climate Change and Water Resources in Britain**. Climatic Change, v. 39, p. 83–110, 1998.

ATTERIDGE, Aaron; REMLING, Elise. **Is adaptation reducing vulnerability or**

AZEVEDO, S.M.F. O. e A.; BRANDÃO, C.C.S. **Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano na saúde pública e processos de remoção em água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde, 2003, 56p.

BARBIERI, Alisson Flávio et al. **Mudanças climáticas, migrações e saúde: cenários para o Nordeste brasileiro, 2000- 2050**. [200?].

BARCELLOS, C; BARBOSA, KC; PINA, MF; MAGALHÃES, MMAF; PAOLA, JCMD; Santos SM. **Inter-relacionamento de dados ambientais e de saúde: análise de risco à saúde aplicada ao abastecimento de água no Rio de Janeiro utilizando Sistema de Informações Geográficas**. 1998. Cadernos de Saúde Pública 1998;14(3):597-605. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/csp/a/FKyqmX6NHsjNPLRgcNdV5bf/?lang=pt>>. Acesso em: maio de 2022.

BARCELLOS, Christovam; MONTEIRO, Antonio Miguel Vieira; CORVALÁN, Carlos; GURGEL, Helen; CARVALHO, Marília Sá; ARTAXO, Paulo; HACON, Sandra; AROUCA, Sergio; RAGONI, Virginia.. **Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil**. 2009. Disponível em: <<http://scielo.iec.gov.br/pdf/ess/v18n3/v18n3a11.pdf>>. Acesso em: maio de 2022.

BATES, B.; KUNDZEWICZ, Z.; WU, S.; PALUTIKOF, J. **Climate change and water**. Technical paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Genebra/Suíça, 2008. 1–214 p.

BERTÉ, R. **Gestão socioambiental no Brasil**. Ed. especial. Curitiba: Ibpex, 2009

BOLSON, Simone Hegele; HAONAT, Ângela Issa. **A governança da água, vulnerabilidade hídrica e os impactos das mudanças climáticas no Brasil**.

Veredas do Direito - Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável. v. 13 n. 25 (2016). Disponível em: <<http://revista.domhelder.edu.br/index.php/veredas/article/view/575>>. Acesso em: abril de 2022.

BONTE, Matthijs; ZWOLSMAN, John J.G. **Climate change induced salinisation of artificial lakes in the Netherlands and consequences for drinking water production.** Water Research, v. 44, p. 4411-4424, 2010.

BONTE, Matthijs; ZWOLSMAN, John J.G. **Climate change induced salinisation of artificial lakes in the Netherlands and consequences for drinking water production.** Water Research, v. 44, p. 4411-4424, 2010.

BOYER, Claudine et al. **Impacts of environmental changes on the hydrology and sedimentary processes at the confluence of St. Lawrence tributaries: potential effects on fluvial ecosystems.** Hydrobiologia, v. 647, n. 1, p. 63–183, 2010.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Linha do tempo das medidas envolvendo Mudanças Climáticas.** Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/component/k2/item/15164-linha-do-tempo-das-medidas-envolvendo-mudan%C3%A7as-clim%C3%A1ticas.html>>. Acesso em: abril de 2022.

BRASIL, Ministério da Ciência e Tecnologia. **Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC.** Disponível em: <[https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/ciencia\\_do\\_clima/painel\\_intergovernamental\\_sobre\\_mudanca\\_do\\_clima.html](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/ciencia_do_clima/painel_intergovernamental_sobre_mudanca_do_clima.html)>. Acesso em:

BRASIL, Ministério das Relações Exteriores. **Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada Para Consecução do Objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Do Clima.** 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/mre/pt-br/arquivos/documentos/clima/brasil-indc-portugues.pdf>>. Acesso em:

BRASIL, Nações Unidas. **Brasil debaterá futuro das cidades no 11º Fórum Urbano Mundial.** 2022. Disponível em: <[https://brasil.un.org/pt-br/187440-brasil-debatera-futuro-das-cidades-no-11o-forum-urbano-mundial?utm\\_source=feedburner&utm\\_medium=email](https://brasil.un.org/pt-br/187440-brasil-debatera-futuro-das-cidades-no-11o-forum-urbano-mundial?utm_source=feedburner&utm_medium=email)>. Acesso em: junho de 2022.

BRASIL, Nações Unidas. **Eventos climáticos extremos aumentam em frequência; relatório pede ação precoce.** 2020. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/95478-eventos-climaticos-extremos-aumentam-em-frequencia-relatorio-pede-acao-precoce>>. Acesso em: abril de 2022.

BRASIL, Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 6.** 2022. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: abril de 2022.

BRASIL, Nações Unidas. **O que são as mudanças climáticas?** 2022. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/150491-o-que-sao-mudancas-climaticas#:~:text=As%20mudan%C3%A7as%20clim%C3%A1ticas%20s%C3%A3o%20transforma%C3%A7%C3%B5es,de%20varia%C3%A7%C3%B5es%20no%20ciclo%20solar>>. Acesso em: abril de 2022.

BRASIL, Nações Unidas. **2021: O ano em que os alarmes do clima dispararam.** 2022. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/167192-2021-o-ano-em-que-os-alarmes-do-clima-dispararam#:~:text=As%20consequ%C3%Aancias%20das%20mudan%C3%A7as%20clim%C3%A1ticas,e%20na%20R%C3%BAssia%2C%20em%20agosto>>. Acesso em: abril de 2022.

BRASIL. **Consolida atos normativos sobre o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima e a Política Nacional sobre Mudança do Clima.** Decreto Nº 9.578, de 22 de Novembro de 2018. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/decreto/d9578.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/d9578.htm)>. Acesso em: abril de 2022.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** 1988. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em:

BRASIL. Decreto Nº 9.806/2019. **Altera o Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990, para dispor sobre a composição e o funcionamento do Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama.** 2019. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2019/decreto/D9806.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9806.htm)>. Acesso em:

BRASIL. **Fundo Nacional sobre Mudança do Clima - FNMC**. Lei Nº 12.114, de 9 de Dezembro de 2009. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l12114.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12114.htm)>. Acesso em: abril de 2022.

BRASIL. **Lei Complementar nº 141, de 13 de janeiro de 2012**. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/lcp141.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp141.htm)>. Acesso em: março de 2022.

BRASIL. **Lei Nº 10.257, de 10 de Julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/l10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm)>. Acesso em: março de 2022.

BRASIL. **Lei Nº 12.651, de 25 de Maio de 2012**. 2012. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em: maio de 2022.

BRASIL. **Lei Nº 8.080, de 19 de Setembro de 1990**. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l8080.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8080.htm)>. Acesso em: março de 2022.

BRASIL. **Lei Nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm)>. Acesso em: fev. de 2022.

BRASIL. **Novo marco legal do saneamento**. 2020. Lei Nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm)>. Acesso em: abril de 2022.dez. 2021.

BRASIL. **Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab)**. 2019. Disponível em: <[https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSDRU/ArquivosPDF/Versao\\_Conselhos\\_Resolu%C3%A7%C3%A3o\\_Alta\\_-\\_Capa\\_Atualizada.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSDRU/ArquivosPDF/Versao_Conselhos_Resolu%C3%A7%C3%A3o_Alta_-_Capa_Atualizada.pdf)>. Acesso em: abril de 2022.

BRASIL. **Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH**. Lei Nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm)>. Acesso em: abril de 2022.

BRASIL. **Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA**. Lei Nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)>. Acesso em: abril de 2022.

BRASIL. **Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC)**. Lei Nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009.

BRASIL. **Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC**. Lei Nº 12.187, de 29 de Dezembro de 2009. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm)>. Acesso em: abril de 2022.

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-230186.PDF>>. Acesso em: abril de 2022.

BRASIL; IBGE. **A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2022. Disponível em: <<https://odsbrasil.gov.br/home/agenda>>. Acesso em:

BRITTO, A. L.; FORMIGA-JOHNSON, R. M. **Mudanças climáticas , saneamento básico e governança da água na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. In: V Encontro nacional da Anppas. Florianópolis/SC: [s.n.], 2010. p. 1–17.

Bullard, Robert. **Enfrentando o racismo ambiental no século XXI**. in Henri Acselrad, Selene Herculano e José Augusto Pádua (orgs). Justiça Ambiental e Cidadania, Rio de Janeiro, Relume Dumará. 2004.

BUSCHBACHER, R. **A teoria da resiliência e os sistemas socioecológicos : Como se preparar para um futuro imprevisível?** Boletim regional, urbano e ambiental, v. 09, n. 2003, p. 11–24, 2014.

CAIRNCROSS, S. **Water supply and sanitation: An agenda for research**. Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 92:301-314. 1989.

CAIRNCROSS, S.; KOLSKY, P. J., **Re: Water, waste and well-being: A multicountry study**. 1997. American Journal of Epidemiology, 146:359-361.

CAMPBELL-LENDRUM D.; CORVALÁN, Carlos. **Climate change and developing-country cities: implications for environmental health and equity**. Journal of Urban Health 2007;84(1):109-117.

CANÇADO, V. L. **Impactos Econômicos das Inundações**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia, UFMG, [2005].14 p. Projeto de Pesquisa.

CAPODEFERRO, Morganna Werneck; SMIDERLE, Juliana Jerônimo. 2020. **A resposta do setor de saneamento no Brasil à COVID-19**. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rap/a/kpmFWY9KWx8TdVByXKJ79xB/?lang=pt>>. Acesso em: abril de 2022.dez. 2021.

CARVALHO, MS; SANTOS, RS. **Análise de dados espaciais em saúde: métodos, problemas e perspectivas**. Cadernos de Saúde Pública. 2005. 21(2):361-378.

CASSIOLATO, J. E.; PODCAMENI, M. G.; SOARES, M. C. **Sustentabilidade socioambiental em um contexto de crise: uma introdução**. In: Sustentabilidade socioambiental em um contexto de crise (pp. 21-38). 2015. Rio de Janeiro, RJ: Epapers.

CEBDS, Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. **UNFCCC, COP, IPCC, OMM: o que significa todas essas siglas?** 2019. Disponível em: <<https://cebds.org/unfccc-cop-ipcc-omm-o-que-significa-todas-essas-siglas/#.YmqUaCDMLIV>>. Acesso em: abril de 2022.

CEMADEN, Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Inundação**. Disponível em: <<http://www2.cemaden.gov.br/inundacao/>>. Acesso em: fev. de 2022.

CEMADEN, Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Movimento de Massa**. 2016. Disponível em: <<http://www2.cemaden.gov.br/deslizamentos/>>. Acesso em: fev. de 2022.

CEPED. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2012 - Volume Amazonas**. 2013. Disponível em: <[https://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2012/01/AMAZONAS\\_mioloWEB.pdf](https://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2012/01/AMAZONAS_mioloWEB.pdf)>. Acesso em: maio de 2022.

CHADE, J. **ONU vê risco de conflito em 46 países por causa da água**. O Estado de São Paulo, Internacional. São Paulo, 20 mar. 2008.

CLARK, R. M.; COYLE, J. A., 1990. **Measuring and modeling variations in distribution system water quality**. Journal of the American Water Works Association, 82:46-52.

CONFALONIERI, UEC. **Regional climate change and human health in South America**. In: Dias PLS, Ribeiro WC, Nunes LH. A contribution to understand the regional impact of global change in South America. São Paulo: USP; 2005.

CUNHA, L. V.; OLIVEIRA, R. & NUNES, V. B. 2002. **Impactos das alterações climáticas sobre os recursos hídricos de Portugal**. Climate Change in Portugal, Scenarios, Impacts and Adaptation Measures. Lisboa-Portugal. [s/n]: 13 p.

CUNHA, V. **Estudo para Proposta de Critérios de Qualidade da Água para Reúso Urbano**. Tese de Doutorado. 2008, .94 p. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

CUNNINGHAM, C. A. C.; CAVALCANTI, I. F. A. **Intraseasonal modes of variability affecting the South Atlantic Convergence Zone**. International Journal of Climatology 2006;26(9):1165-1180.

CUTTER, S. L. **Vulnerability to hazards**. Progress in Human Geography, v. 20, n. 4, p. 529–539, 1996.

D'AGUILA, P. S.; ROQUE, O. C. C.; MIRANDA, C. A. S. & FERREIRA, A. P., 2000. **Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu**. Cadernos de Saúde Pública, 16: 791-798.

DELPLA, I.; JUNG, A.; BAURES, E.; CLEMENT, M.; THOMAS, O. **Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production**. Environment international journal, Elsevier Ltd, v. 35, p. 1225–1233, 2009.

DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Angela Di Bernando. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. Rio de Janeiro: Rima, 2005. v. 1/2. p. 9.

DINIZ, N. A., Rodrigues, C. F., Sousa, M. A., Lima, E. C. (2020). **Diagnóstico dos impactos socioambientais da Serra da Meruoca-CE**. *Homem, Espaço e Tempo* , 14 (3), 127-141.

DINIZ, Tibério Gomes. **Vulnerabilidade ao desabastecimento em situação de intermitência no abastecimento de água**. 2019. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/3421/1/TIB%20RIO%20GOMES%20DINIZ%20e2%80%93%20DISSERTA%20c3%87%20c3%83O%20%28PP%20GECA%29%202019.pdf>>. Acesso em: abril de 2022.

ECK, T. F.; HOLBEN, B. N.; SLUTSKER, I.; SETZER, A. **Measurements of irradiance attenuation and estimation of aerosol single scattering albedo for biomass burning aerosols in Amazonia**. *Journal of Geophysical Research - D: Atmospheres* 1998;103(24):31865-31878.

EPA, ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Systems measures of water distribution system resilience**. Cincinnati/OH, 2015. 1–59 p.

ESREY, S. A.. **Water, waste and well-being: A multicountry study**. 1996. *American Journal of Epidemiology*, 143:608-623.

ESREY, S. A.; POTASH, J. B.; ROBERTS, L. & SHIFF, C., **Effects of improved water supply and sanitation on ascariasis, diarrhoea, dracunculiasis, hookworm infection, schistosomiasis, and trachoma**. 1991. *Bulletin of the World Health Organization*, 69:609-621.

ESTEVEZ, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciência Finep, 1988. 575p.

FALKENMARK, M., LANNERSTAD, M. **Consumptive water use to feed humanity—curing a blind spot**. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 9, p. 15–28, 2005.

FLEURY, Lorena Cândido; MIGUEL, Jean Carlos Hochsprung; e TADDEI, Renzo. **Mudanças climáticas, ciência e sociedade**. *Sociologias* [online]. 2019, v. 21, n. 51,

pp. 18-42. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/15174522-0215101>>. Acesso em: abril de 2022.dez. 2021.

FOLEY, J.A. et al. **Global consequences of land use**. Science, v. 309, p. 570–574, 2005

FREITAS, Carlos Machado de; XIMENES, Elisa Francioli. **Enchentes e saúde pública - uma questão na literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação**. Ciência & Saúde Coletiva, 17(6):1601-1615, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/csc/a/bkRHD6mZpb737QGcRfn3g5M/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: maio de 2022.

FREITAS, Carlos Machado de; XIMENES, Elisa Francioli. **Enchentes e saúde pública – uma questão na literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação**. Ciência & Saúde Coletiva, 17(6):1601-1615, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/csc/a/bkRHD6mZpb737QGcRfn3g5M/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: maio de 2022.

FREITAS, S. R. **Modelagem numérica do transporte e das emissões de gases traços e aerossóis de queimadas no Cerrado e Floresta Tropical da América do Sul**. Tese de Doutorado. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo; 1999.

FREITAS, S. R.; SILVA, M. A. F.; SILVA, P. L.; LONGO, K. M.; ARTAXO, P.; ANDREAE, M. O.; et al. **A convective kinematic trajectory technique for low-resolution atmospheric models**. Journal of Geophysical Research 2000;105(D19):24375-24386.

FUCHS, S.; BIRKMANN, J.; GLADE, T. **Vulnerability assessment in natural hazard and risk analysis: Current approaches and future challenges**. Natural Hazards, v. 64, n. 3, p. 1969–1975, 2012.

GIULIO, Gabriela Marques Di; MARTINS, Ana Maria Bedran; LEMOS, Maria Carmen. **Adaptação climática: Fronteiras do conhecimento para pensar o contexto brasileiro**. Estudos Avançados. São Paulo, v. 30, n. 88, p. 25-41, 2016.

GLEICK, Peter H. **Roadmap for sustainable water resources in southwestern North America**. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, v. 107, n. 50, 2010.

GODFRAY, C.J. et al. **Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People**. Science, New York, v.327, n.5967, p.812-818, 2010.

GOMES, H. P. **Elementos básicos para a elaboração de projetos de abastecimento de água**. In: Sistemas de abastecimento de água: Dimensionamento econômico e operação de redes e elevatórias. 2. ed. João Pessoa/PB: [s.n.], 2004. cap. 1, p. 11–46.

GOMES, Marco Antonio Ferreira. **O Aquífero Guarani no Contexto Das Mudanças Climáticas Globais**. 2008. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/31917/1/2008RA011.pdf>>. Acesso em: maio de 2022.

GORDON, J.L.; FINLAYSON, C.M.; FALKENMARK, M. **Managing water in agriculture for food production and other ecosystem services**. Agricultural Water Management, v.97, n.4, p. 512-519, 2010.

GORDON, J.L.; FINLAYSON, C.M.; FALKENMARK, M. **Managing water in agriculture for food production and other ecosystem services**. Agricultural Water Management, v.97, n.4, p. 512-519, 2010.

GRANINHAS. **Racismo Ambiental**. 2022. Disponível em: <[https://www.linkedin.com/posts/michelkalil\\_racismo-ambiental-activity-6901905878019043329-rgBo/?utm\\_source=linkedin\\_share&utm\\_medium=ios\\_app](https://www.linkedin.com/posts/michelkalil_racismo-ambiental-activity-6901905878019043329-rgBo/?utm_source=linkedin_share&utm_medium=ios_app)>. Acesso em: fev. 2022.

GROISSMAN, P. et al. **Trends in intense precipitation in the climate record**. Journal of Climate, n.18, p.1326-50, 2005.

GTSC A2030, Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030. **V Relatório Luz da Sociedade Civil Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. 2021. Disponível em:

<[https://brasilnaagenda2030.files.wordpress.com/2021/07/por\\_rl\\_2021\\_completo\\_vs\\_03\\_lowres.pdf](https://brasilnaagenda2030.files.wordpress.com/2021/07/por_rl_2021_completo_vs_03_lowres.pdf)>. Acesso em:

GUIMARAES, RB. **Health and global changes in the urban environment**. In: Dias PLS, Ribeiro WC, Nunes LH. A contribution to understand the regional impact of global change in South America. São Paulo: USP; 2005

GUYON, P.; GRAHAM, B.; ROBERTS, G. C.; MAYOL-BRACERO, O. L.; MAENHAUT, W.; ARTAXO, P.; et al. **Sources of optically active aerosol particles over the Amazon forest**. Atmospheric Environment 2004;38(7):1039-1051.

HAYLOCK, M. R. et al. **Trends in total and extreme South America rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature**. Journal of Climate, n.19, p.1490-1512, 2006.

HOLLING, C. S. **Resilience and stability of ecological systems**. Annual Review of Ecology and Systematics, v. 4, p. 1–23, 1973.

HOWARD, G.; CHARLES, K.; POND, K.; BROOKSHAW, A.; HOSSAIN, R.; BARTRAM, J. **Securing 2020 vision for 2030: climate change and ensuring resilience in water and sanitation services**. Journal of water and climate change, p. 1–15, 2010.

HU, C. K. (2011). **Evaluation of social environment impact of highway construction using gray matter-element information entropy model**. Journal of Environmental Science and Engineering , 5 (12), 1688-1694.

IBGE. **Atlas de Saneamento**. 2011. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv53096\\_glossario equipetec.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv53096_glossario equipetec.pdf)>. Acesso em: maio de 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População no último censo: IBGE, Censo Demográfico 2010**. 2010.

IBGE. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC). Suplemento Saneamento Básico: Aspectos gerais da gestão da Política de Saneamento Básico**. 2017. Disponível em: <[www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/10586-pesquisa-de-informacoes-basicas-municipais.html?edicao=21632](http://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/10586-pesquisa-de-informacoes-basicas-municipais.html?edicao=21632)>. Acesso em:

IPCC, Intergovernmental Panel On Climate Change. **Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** In: Climate Change: The Physical Science Basis. [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bexand P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.

IPCC, 2007. **Intergovernmental Panel on Climate Change, Fourth Assessment Report. Cambridge Univ. Press.** IPCC, 2013. Intergovernmental Panel on Climate Change, Fifth Assessment Report. Cambridge Univ. Press. Karl, T. R., Trenberth, K. E., 2003. Modern global climate change. science, v. 302, n. 5651, p. 1719-1723.

IPCC, Intergovernmental Panel For Climate Change. **Climate change 2007: climate change impacts, adaptation and vulnerability.** Cambridge: Cambridge University Press, 2007b. Working group II contribution to the intergovernmental panel on climate change fourth assessment report.

IPCC, Intergovernmental Panel For Climate Change. **Climate change 2007: mitigation.** Cambridge: Cambridge University Press, 2007c. Contribution of working group III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.

IPCC, Intergovernmental Panel For Climate Change. **Climate change 2007: the physical science basis: summary for policymakers.** Cambridge: Cambridge University Press, 2007a. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.

IPCC, Intergovernmental Panel For Climate Change. Working Group II (Impacts, Adaptation and Vulnerability). **Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Climate Change 2022. Disponível em: <[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_SummaryForPolicymakers.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf)>. Acesso em: abril de 2022.

IPCC, Intergovernmental Panel On Climate Change 2007. **Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth**

**Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge University Press: Cambridge-Estados Unidos. 123 p.

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **13 Ação Contra a Mudança Global do Clima.** 2019. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/ods/ods13.html>>. Acesso em:

ISA, Instituto Socioambiental. **O que muda (ou sobra) no Meio Ambiente com a reforma de Bolsonaro?** 2019. Disponível em: <<https://www.socioambiental.org/pt-br/noticias-socioambientais/o-que-muda-ou-resta-no-meio-ambiente-com-a-reforma-de-bolsonaro>>. Acesso em: fev. de 2022.

IAS, Instituto Água e Saneamento. **Saneamento 2021 - Balanço e perspectivas após aprovação do novo Marco Legal da Lei 14.026/2020.** 2021. Disponível em: <<https://www.aguaesaneamento.org.br/saneamento-2021-publicacao/>>. Acesso em: fev. de 2022.

JACOBI, P. R.; SOUZA, Leão, R.. **Crise hídrica em São Paulo - o fracasso da governança face às mudanças climáticas.** In: XII CONGRESSO LUSO AFRO BRASILEIRO, Lisboa. Disponível em: <[http://www.omeuevento.pt/Ficheiros/Livros\\_de\\_Actas\\_CONLAB\\_2015.pdf](http://www.omeuevento.pt/Ficheiros/Livros_de_Actas_CONLAB_2015.pdf)>. Acesso em: dez. 2021.

KHAN, S. J.; DEERE, D.; LEUSCH, F. D. L.; HUMPAGE, A.; JENKINS, M.; CUNLIFFE, D. **Extreme weather events: Should drinking water quality management systems adapt to changing risk profiles?** Water research, Elsevier Ltd, v. 85, p. 124–136, 2015.

LAVALLE, A. G.; VERA, E. I.. **A trama da crítica democrática: da participação à representação e à accountability.** Lua Nova, São Paulo, 84:353-64, 2011

LECHEVALLIER, M; RICHARD, WG; MOHAMMAD, K; American Water Works Service Company; Voorhees, NJ. **The potential for health risks from intrusion of contaminants into the distribution system from pressure transients.** Journal of Water and Health 2003;1(1):3-14.

LEE, EJ; SCHWAB, KJ. **Deficiencies in drinking water distribution systems in developing countries.** Journal of Water and Health 2005;3(2):109-127.

LIEBMANN, B. et al. **An Observed Trend in Central South American Precipitation.** Accepted. Journal of Climate, 2004.

LIMA, Mariella Pereira. **As mudanças climáticas e suas consequências observadas na Região Metropolitana de São Paulo e a importância da APA Várzea do Rio Tietê na minimização de danos.** Trabalho de Conclusão de Curso Ciências Biológicas no Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (UNESP). Botucatu, 2013.

LIMA, W.P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas.** 2008. Ed. USP, Piracicaba.

LONDE, Luciana De Resende; COUTINHO, Marcos Pellegrini; DI GREGÓRIO, Leandro Torres; SANTOS, Leonardo Bacelar Lima; SORIANO, Érico. **Desastres relacionados à água no Brasil: perspectivas e recomendações.** 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/asoc/a/D65yDDZ5kXt5vrpH6PX6QPw/?lang=pt>>. Acesso em: mar. de 2022.

LUH, J.; ROYSTER, S.; SEBASTIAN, D.; OJOMO, E.; BARTRAM, J. **Expert assessment of the resilience of drinking water and sanitation systems to climate-related hazards.** Science of the total environment, Elsevier B.V., v. 592, p. 334–344, 2017.

MACHADO, M. L. **Curvas de Inundação versus Profundidade de Submersão: desenvolvimento de metodologia, estudo de caso da Bacia do Rio Sapucaí, Itajubá - MG.** Belo Horizonte, 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Área de Concentração em Recursos Hídricos, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005. 2 v.

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

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI.** Brasília: MMA; 2007.

MARENGO, J. A., CHOU, S. C., KAY, G., ALVES, L. M., PESQUERO, J. F., SOARES, W. R., TAVARES, P. **Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/HadCM3 climate change projections: climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Paraná River basins.** *Climate Dynamics*, v.38, n.9-10, p.1829–1848, 2011. doi:10.1007/s00382-011-1155-5.

MARENGO, J.A. **Mudanças Climáticas Globais e Seus Efeitos Sobre a Biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI.** Brasília: MMA, 2006. 212p. (Série Biodiversidade, v. 26).

MARENGO, José Antônio. **Água e mudanças climáticas.** 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/fXZzdm68cnzzt6Khr8zYx3L/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: mar. de 2022.

Martínez Alier, J. (2007). **O ecologismo dos pobres: conflitos ambientais e linguagens de valoração.** São Paulo, SP: Contexto.

MARTINS, R. D. **Governança climática nas cidades: Reduzindo vulnerabilidades e aumentando resiliência.** *Revista geográfica acadêmica*, v. 4, p. 5–18, 2010. ISSN 16787226.

MC MICHAEL, A. J. **From hazard to habitat: rethinking environment and health.** *Epidemiology*. 1999;10(4):460-464.

MCCANN, D.G.C.; MOORE, A.; WALKER, M.E. **The water/health nexus in disaster medicine: I. Drought versus flood. Current Opinion.** In: *Environmental Sustainability*, v. 3, p. 480485, 2011a.

MDR, Ministério do Desenvolvimento Regional. **Base de Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Séries Históricas.** 2018. Brasília, DF: Autor

MDR. **Nacional de Saneamento Básico**. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab>>. Acesso em: abril de 2022.

MEEHL, G. A. et al. **Global Climate Projections**. In: SOLOMON, S. D. et al. (Ed.) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom, New York: Cambridge University Press, 2007.

MELO, Marilene Vasconcelos de. **Estudo das Condições para Inserção do Agricultor Familiar no Mercado: Alternativa de Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental no Município de Ouro Preto - Mg. 2014**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Núcleo de Pesquisas e Pós-graduação em Recursos Hídricos. Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental.

MENDES, Marcos Vinícius Isaias. Mudança global do clima as cidades no Antropoceno: escalas, redes e tecnologias. Dossiê: a metrópole e a questão ambiental. *Cad. Metropole* 22 (48). 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cm/a/ytdmfqk75VwkxtC9Fb3bnWn/?lang=pt>>. Acesso em: fev. 2022.

MENDONÇA, F. A.; LEITÃO, S. A. M. **Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos**. *Geotextos*, v. 4, n. 1 e 2, p. 145–163, 2008.

MENIN, Júlia. **O Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: uma agenda de desenvolvimento na política ambiental brasileira?** Trabalho de conclusão de curso de graduação IFCH (UFRGS). 2018. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/189107>>. Acesso em: abril de 2022.

MESQUITA, Felipe Nunes; SILVESTRE, Karina Serra; STEINKE, Valdir Adilson. **Urbanização e degradação ambiental: Análise da ocupação irregular em áreas de proteção permanente na região administrativa de Vicente Pires, DF, utilizando imagens aéreas do ano de 2016**. 2017. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.10, n.03 (2017) 722-734. Disponível:

<[https://www.researchgate.net/profile/Felipe-Mesquita-3/publication/318518478\\_Urbanization\\_and\\_environmental\\_degradation\\_Analysis\\_of\\_irregular\\_occupation\\_in\\_permanent\\_protection\\_areas\\_in\\_the\\_administrative\\_region\\_of\\_Vicente\\_Pires\\_DF\\_using\\_aerial\\_images\\_from\\_the\\_year\\_2016/links/5a0af390a6fdccc69ed9c237/Urbanization-and-environmental-degradation-Analysis-of-irregular-occupation-in-permanent-protection-areas-in-the-administrative-region-of-Vicente-Pires-DF-using-aerial-images-from-the-year-2016.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Felipe-Mesquita-3/publication/318518478_Urbanization_and_environmental_degradation_Analysis_of_irregular_occupation_in_permanent_protection_areas_in_the_administrative_region_of_Vicente_Pires_DF_using_aerial_images_from_the_year_2016/links/5a0af390a6fdccc69ed9c237/Urbanization-and-environmental-degradation-Analysis-of-irregular-occupation-in-permanent-protection-areas-in-the-administrative-region-of-Vicente-Pires-DF-using-aerial-images-from-the-year-2016.pdf)>. Acesso em: maio de 2022.

MEULEMAN, AF; CIRKEL, G; ZWOLSMAN, GJ. **When climate change is a fact! Adaptive strategies for drinking water production in a changing natural environment.** Water Science & Technology 2007;56(4):137-144.

MILLIE, D.F. et al. **High-Resolution airborne remote sensing of bloom-forming phytoplankton.** Journal of Phycology, v. 28, n.3, p. 281-290, 1992.

MMA & GF. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança Climática (PNA).** Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/clima/adaptacao/plano-nacional-de-adaptacao.html>>. Acesso em: fev. de 2022.

MMA, Ministério do Meio Ambiente (Antigo). **Plano Nacional sobre Mudança do Clima.** 2019. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima/plano-nacional-sobre-mudanca-do-clima.html>>. Acesso em:

MMA, Ministério do Meio Ambiente (Antigo). **Política Nacional sobre Mudança do Clima.** 2019. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima.html>>. Acesso em:

MMA. Ministério do Meio Ambiente (Antigo). **Reserva da Biosfera.** 2022. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/biomas/caatinga/reserva-da-biosfera.html#:~:text=Ao%20todo%20s%C3%A3o%207%20Reservas,Central%20e%20Serra%20do%20Espinha%C3%A7o>>. Acesso em: dez. de 2021.

MOLION, L. C. B. 2008. **Perspectivas climáticas para os próximos 20 anos.** Revista Brasileira de Climatologia. 4: 117-128.

MOORE, Karen et al. **Effects of warmer world scenarios on hydrologic inputs to Lake Mälaren, Sweden and implications for nutrient loads.** *Hydrobiologia*, v. 599, p. 191–199, 2008.

MOORE, Karen et al. **Effects of warmer world scenarios on hydrologic inputs to Lake Mälaren, Sweden and implications for nutrient loads.** *Hydrobiologia*, v. 599, p. 191–199, 2008.

MOREIRA, Érika Iêred; FERREIRA, Paloma Molina. **Crises hídricas na região sudeste do Brasil: análise têmporoespacial da publicação de decretos municipais relacionados às situações de seca e de estiagem no período 2003-2017.** Monografia de Conclusão de Curso, submetida à Faculdade Doctum de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária. 2018. Disponível: <<http://dspace.doctum.edu.br:8080/jspui/bitstream/123456789/1940/1/CRISES%20H%C3%84DRICAS%20NA%20REGI%C3%83O%20SUDESTE%20DO%20BRASIL.pdf>>. Acesso em: maio de 2022.

MS, Ministério da Saúde. **Plano de Segurança da Água: Garantindo a Qualidade e Promovendo a Saúde. Um Olhar do SUS.** Brasília. 2012. Disponível em: <[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano\\_seguranca\\_agua\\_qualidade\\_sus.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano_seguranca_agua_qualidade_sus.pdf)>. Acesso em: maio de 2022.

MS, Ministério da Saúde. **Portaria GM Nº 888, 2021.** Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>>. Acesso em: maio 2022

MS, Ministério da Saúde. **Portaria Gm/Ms Nº 888, de 4 de Maio de 2021.** Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>>. Acesso em: fev. de 2022.

MSG, MICHIGAN SEA GRANT. **Climate variability and climate change.** Michigan, 2010. Disponível em: <<https://www.michiganseagrant.org/wp-content/blogs.dir/1/files/2012/05/11-703-Climat-Variability-and-Climat-Change-2013update.pdf>>. Acesso em: abril de 2022.

NHAMO, G.; NHEMACHENA, C.; NHAMO, S. **Science of the total environment is 2030 too soon for Africa to achieve the water and sanitation sustainable development goal?** Science of the Total Environment, Elsevier B.V., v. 669, p. 129–139, 2019.

OC, Observatório do Clima. **IPCC AR6, WG1: Resumo Comentado.** 2022. Disponível em: [https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2021/08/OC-IPCC-AR6-FACTSHEET\\_FINAL.pdf](https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2021/08/OC-IPCC-AR6-FACTSHEET_FINAL.pdf). Acesso em: abril de 2022.

OC, Observatório do Clima. **IPCC AR6, WG2: Resumo.** 2022. Disponível em: <https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2022/02/OC-IPCC-FACTSHEET21.pdf>. Acesso em: abril de 2022.

OC, Observatório do Clima. **NDC e “pedalada” de carbono: como o Brasil reduziu a ambição de suas metas no Acordo de Paris.** 2020. Disponível em: <https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2020/12/ANA%CC%81LISE-NDC-1012FINAL.pdf>. Acesso em: dez. de 2021.

OC, Observatório do Clima. **Proposta do Observatório do Clima para a 2a Contribuição Nacionalmente Determinada do Brasil no âmbito do Acordo de Paris.** 2020. Disponível em: <https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2020/12/Prposta-OC-NDC-2030-Final.pdf>. Acesso em: dez. de 2021.

OGURA, A, T. **Desastres Naturais.** Plenária da Conferência Brasileira de Desastres Naturais CBDNat. São José dos Campos, 22 de março de 2013.

OLIVEIRA, R. P. de; MATOS, J. S.; MONTEIRO, A. J. **Managing the Urban Water Cycle in a Changing Environment.** Water Utility Journal, v. 9, p. 1 - 9, 2015.

OLIVEIRA, R. P. de; MATOS, J. S.; MONTEIRO, A. J. **Managing the Urban Water Cycle in a Changing Environment.** Water Utility Journal, v. 9, p. 1 - 9, 2015.

OMS. Organização Mundial da Saúde. (2020). **Responding to community spread of COVID-19 - Interim Guidance.** Disponível em: <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1271989/retrieve>. Acesso em: dez. de 2021.

OMS. Organização Mundial da Saúde. **Relatório de progresso global sobre água, saneamento e higiene nas unidades de saúde: fundamentos em primeiro lugar.** Genebra: 2020. Disponível em: <<https://washdata.org/sites/default/files/2020-12/WHO-UNICEF-2020-wash-in-hcf.pdf>>. Acesso em: dez. de 2021.

ONÇA, D. S. 2007. **Curva-se diante do existente: o apelo às mudanças climáticas pela preservação ambiental.** Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo. São Paulo-Brasil. Dissertação de Mestrado em Geografia Física, 257p. (Inédito).

ONU BRASIL, Nações Unidas Brasil. **COP26: coalizão pede ação conjunta para o clima e água.** 2021. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/156669-cop26-coalizacao-pede-acao-conjunta-para-o-clima-e-agua>>. Acesso em: mar. de 2022.

ONU. **17 Goals to Transform Our World.** 2022. Disponível em: <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/>>. Acesso em: abril de 2022.

Organização das Nações Unidas. (2015). **Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil, Trad.).** New York: UNDP. Retrieved from <https://bit.ly/3AK218M>

PACHECO, Tania. **Desigualdade, injustiça ambiental e racismo: uma luta que transcende a cor\*.** 2008. Disponível em: <<https://racismoambiental.net.br/textos-e-artigos/desigualdade-injustica-ambiental-e-racismo-uma-luta-que-transcende-a-cor/>>. Acesso em: maio de 2022.

PACHECO, Tania. **Inequality, environmental injustice, and racism in Brazil: beyond the question of colour.** Development in Practice, Volume 18, Number 6, November 2008 (ISSN 0961-4524 Print/ISSN 1364-9213 Online 060713-13 # 2008 Oxfam GB).

PARKER, D. J.; GREEN, C. H.; THOMPSON, P. M. **Urban Flood Protection Benefits: a project appraisal guide.** England: Gower Technical, 1987.

PEREIRA FILHO, A.J. **Chuvas De Verão E As Enchentes Na Grande São Paulo: El Niño, Brisa Marítima E Ilha De Calor.** Revista, ed., São Paulo, p., 2004.

PHILIP, R.; ANTON, B.; STEEN, V.D. **Kit de Treinamento SWITCH: Gestão Integrada das Águas na Cidade do Futuro**. Alemanha: ICLEI European Secretariat GmbH. Módulo 1: Planejamento Estratégico Preparando-se para o Futuro. 2011. 53 p.

PHILIP, R.; SALIAN, P. **Kit de Treinamento SWITCH: Gestão Integrada das Águas na Cidade do Futuro**. Alemanha: ICLEI European Secretariat GmbH. Módulo 6: Auxílio à Decisão Escolhendo um Caminho Sustentável. 2011. 49 p.

PHILIPPI JR., A.; MARTINS, G. **Águas de abastecimento**. In: Saneamento, saúde e ambiente. Fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri/SP: Editora Manole Ltda., 2005. cap. 5, p. 117–180.

PIMENTEL, C. E. B.; CORDEIRO NETTO, O. M., **Proposta Metodológica de Classificação e Avaliação Ambiental de Projetos de Saneamento Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**. 1998.

PITTOIS, S.; JACKSON, M.H.; WOOD, B.J.B. **Sources of the eutrophication problems associated with toxic algae: an overview**. Journal of environmental Health, v.64, n. 5, p. 25-32, 2001.

POLITIZE. **História das Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas**. 2021. Disponível em: <[https://www.politize.com.br/historia-das-conferencia-das-nacoes-unidas-sobre-mudancas-climaticas/?doing\\_wp\\_cron=1650922188.6863930225372314453125](https://www.politize.com.br/historia-das-conferencia-das-nacoes-unidas-sobre-mudancas-climaticas/?doing_wp_cron=1650922188.6863930225372314453125)>. Acesso em:

**redistributing it?** Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, v. 9, n. 1, p. e500, 2018.

RIBEIRO, W. C. 2002. **Mudanças climáticas, realismo e multilateralismo**. Terra Livre. 18(8): 75-84.

RIBEIRO, W. C. 2002. **Mudanças climáticas, realismo e multilateralismo**. Terra Livre. 18(8): 75-84.

RICHARDSON, L.L.; **Remote Sensing of algal bloom dynamics: New research fuses remote sensing of aquatic ecosystems with algal accessory pigment analysis**. BioScience, v. 46, n. 7, p. 492-501, 1996.

ROYAL SOCIETY OF LONDON; **Reaping the Benefits: Science and the Sustainable Intensification of Global Agriculture**. London, 2009.

RUTH, Matthias et al. **Adaptation of urban water supply infrastructure to impacts from climate and socioeconomic changes: the case of Hamilton**. Water Resour Manag, New Zealand, v. 21, p. 1031–1045, 2007.

S.O.S Mata Atlântica. **Observando os Rios 2019, o retrato da qualidade da água nas bacias da Mata Atlântica. Março**. 2019. Disponível em: <[www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2019/03/Observando-Os-Rios-2019.pdf](http://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2019/03/Observando-Os-Rios-2019.pdf)>. Acesso em: mar. de 2022.

SAMPAIO, Mahryan. Publicação em linkedin. 2022. Disponível em: [https://www.linkedin.com/posts/mahryan-sampaio\\_blacklivesmatter-juventudesnegrasnacop26-activity-6862087907101044736-QTBh/?utm\\_source=linkedin\\_share&utm\\_medium=ios\\_app](https://www.linkedin.com/posts/mahryan-sampaio_blacklivesmatter-juventudesnegrasnacop26-activity-6862087907101044736-QTBh/?utm_source=linkedin_share&utm_medium=ios_app)>. Acesso em: jun. de 2022.

SANTAMOURIS, M. **Energy and Climate in the Urban Built Environmental**. James & James Science Publishers Ltd., London, 402 p. SUGAHARA, S.; ROCHA, R. P. DA; SILVEIRA, R. 2009: Non-stationary frequency analysis of extreme daily rainfall in São Paulo, Brazil. Int. J. Climatol v.29, p.1339-1349, 2001.

SANTOS, A. M.; DOMICIANO, G. J.; MOURA, M. S. B. **Os recursos hídricos e as mudanças climáticas: discursos, impactos e conflitos**. Revista Geográfica Venezolana, Vol. 51(1) 2010. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/3477/347730384005.pdf>>. Acesso em: abril de 2022.

SANTOS, A.R. **Enchentes e deslizamentos: causas e soluções**. São Paulo: Pini, 2012, 128p.

SANTOS, André de Castro dos. **Política Nacional sobre Mudança do Clima no Brasil: uma avaliação de instrumentos e de efetividade**. 2021. Espaço Público, Revista de Políticas Públicas da UFPE, 6. Disponível em: <<https://repositorio.ul.pt/handle/10451/47059>>. Acesso em: mar. de 2022.

SCHAEFFER, R. et al. **Mudanças climáticas e segurança energética no Brasil**. Rio de Janeiro, 2008

SCHARDONG, Andre; SIMONOVIC, Slobodan P.; GARCIA, Joaquin I. B.. **O possível efeito de mudanças climáticas e suas incertezas sobre afluências em sistemas de recursos hídricos.** 2014. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/profile/Andre-Schardong/publication/307627271\\_O\\_possivel\\_efeito\\_de\\_mudancas\\_climaticas\\_e\\_suas\\_incetzas\\_sobre\\_afluencias\\_em\\_sistemas\\_de\\_recursos\\_hidricos/links/57fbffcf08aea0db5a3f6242/O-possivel-efeito-de-mudancas-climaticas-e-suas-incetzas-sobre-afluencias-em-sistemas-de-recursos-hidricos.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Andre-Schardong/publication/307627271_O_possivel_efeito_de_mudancas_climaticas_e_suas_incetzas_sobre_afluencias_em_sistemas_de_recursos_hidricos/links/57fbffcf08aea0db5a3f6242/O-possivel-efeito-de-mudancas-climaticas-e-suas-incetzas-sobre-afluencias-em-sistemas-de-recursos-hidricos.pdf)>. Acesso em: maio de 2022.

SILVA, Gyrlene Aparecida Mendes da; CARDOSO, Camila de Souza; AMBRIZZI, Tércio; SOUZA, Caio Pereira de; MENDES, David; GOMES, Helber Barros. **Deteção e atribuição das anomalias anuais dos índices de extremos de chuva e temperaturas máxima e mínima diárias sobre o litoral de São Paulo/Brasil.** Revista Brasileira de Geografia Física v.14, n.05 (2021) 3008-3043. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/viewFile/249981/39762>>. Acesso em: maio de 2022.

SILVA, Samara Fernanda; LUZ, Lafayette; GENZ, Fernando. **A sustentabilidade hídrica de sistemas de abastecimento de água frente às mudanças climáticas.** 2011. Bahia anál. dados, Salvador, v. 21, n. 4, p.825-839, out./dez. 2011. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Juliano-Lopes/publication/273320840\\_Dimensoes\\_sociais\\_e\\_ambientais\\_do\\_uso\\_de\\_culturas\\_energeticas\\_para\\_biodiesel\\_no\\_Territorio\\_Irece\\_Social\\_and\\_environmental\\_dimensions\\_of\\_use\\_of\\_energy\\_crops\\_for\\_biodiesel\\_in\\_Irece\\_Territory/links/54fe60220cf2741b69f01a3b/Dimensoes-sociais-e-ambientais-do-uso-de-culturas-energeticas-para-biodiesel-no-Territorio-Irece-Social-and-environmental-dimensions-of-use-of-energy-crops-for-biodiesel-in-Irece-Territory.pdf#page=95](https://www.researchgate.net/profile/Juliano-Lopes/publication/273320840_Dimensoes_sociais_e_ambientais_do_uso_de_culturas_energeticas_para_biodiesel_no_Territorio_Irece_Social_and_environmental_dimensions_of_use_of_energy_crops_for_biodiesel_in_Irece_Territory/links/54fe60220cf2741b69f01a3b/Dimensoes-sociais-e-ambientais-do-uso-de-culturas-energeticas-para-biodiesel-no-Territorio-Irece-Social-and-environmental-dimensions-of-use-of-energy-crops-for-biodiesel-in-Irece-Territory.pdf#page=95)>. Acesso em: maio de 2022.

SILVA, T. C. & J. T. G. TOMMASELLI. 2007. **Estimativa do Armazenamento de carbono dos Ipês do Parque do povo em Presidente Prudente-SP.** XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. 356-369. NatalBrasil (9-13 de julho).

SILVEIRA, Sandra Maria Batista Silveira. **Conflitos socioambientais por água no Nordeste brasileiro: expropriações contemporâneas e lutas sociais no campo.**

2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rk/a/wyQtDQcCd9wRRHVP5JzVKsb/?lang=pt>>. Acesso em: junho de 2022.

SKORUPA, L.A. **Áreas de preservação permanente e desenvolvimento sustentável**. 2004.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Abastecimento de água 2020**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-abastecimento-agua>>. Acesso em: dez. de 2021.

SNIS, Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. **Diagnóstico Anual de Água e Esgotos**. 2020. Brasília. Disponível em: <[www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagn%C3%B3sticoSNIS\\_AE\\_2019\\_Publicacao\\_31032021.pdf](http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagn%C3%B3sticoSNIS_AE_2019_Publicacao_31032021.pdf)>. Acesso em: mar. de 2022.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico Anual De Águas Pluviais 2021 (Ano De Referência 2020)**. 2021. Disponível em: <[http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ap/2020/DIAGNOSTICO\\_TEMATICO\\_VISAO\\_GERAL\\_AP\\_SNIS\\_2021.pdf](http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ap/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AP_SNIS_2021.pdf)>. Acesso em: mar. de 2022.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas**. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Brasília, 2020. Disponível em: <[http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ap/2019/Diagnostico\\_AP2019.pdf](http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ap/2019/Diagnostico_AP2019.pdf)>. Acesso em: maio de 2022.

SNIS, Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto 2007**. Parte 1/ Visão Geral dos Prestadores dos Serviços. [Brasília]: Ministério das Cidades, 2007. p. 46 - 51.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2016**. Brasília/DF, 2018. 1–220 p.

SNIS, Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto. Visão Geral. Ano de referência 2020**. Disponível em:

<[http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO\\_TEMATICO\\_O\\_VISAO\\_GERAL\\_AE\\_SNIS\\_2021.pdf](http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_O_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2021.pdf)>. Acesso em: dez. de 2021.

SOARES, Sérgio R. A.; BERNARDES, Ricardo S.; NETTO, Oscar de M. Cordeiro. **Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento**. 2002. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Disponível em: <<https://www.scielo.org/article/csp/2002.v18n6/1713-1724/>>. Acesso em: maio de 2022.

SOLAIMAN, T. A.; KING, L. M.; SIMONOVIC, S. P. **Extreme precipitation vulnerability in the Upper Thames River basin: uncertainty in climate model projections**. *International Journal Climatology*, v.31, p.2350–2364, 2011, doi:10.1002/joc.2244.

SUMARGO, B.; KASUMA, K. A. P.; TSANG, Y. F. (2019). **Social-environment factor as a weak point of sustainable development in Indonesia**. *AIP Conference Proceedings*, 2019 (1). <https://doi.org/10.1063/1.5061866>.

TEBALDI, C. et al. **Going to the extremes an intercomparison of model-simulated historical and future changes in extreme events**. *Climatic Change*, n.79, p.185-211, 2006. (No prelo).

TEIXEIRA, M. et al. **Dynamical and synoptic characteristics of heavy rainfall episodes in Southern Brazil**. *Mon Wea Rev.*, n.135, p.598-617, 2007.

THOMAS, Jennifer Ann. **O que é o Acordo de Paris e as NDCs?** 2021. Disponível em: <<https://umsoplaneta.globo.com/clima/noticia/2021/04/04/o-que-e-o-acordo-de-paris-e-as-ndcs.ghtml>>. Acesso em: mar. de 2022.

TIEZZI, Rafael de Oliveira. **Impactos da variação pluviométrica associada às mudanças climáticas sobre a geração de energia hidrelétrica na Bacia do Alto Paranapanema**. 2009. Dissertação (Mestrado) - Programa Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas(SP), 2009.

TOMINAGA, M. Y.; MIDIO, A. **Exposição humana a trihalometanos presentes em água tratada**. Revista de Saúde Pública, 33:413-421. 1999.

TRATA BRASIL, Instituto. GO Associados. **Cenário para investimentos em saneamento no Brasil após a aprovação do novo Marco Legal**. Goiânia, 2021.

Disponível

em: <[www.tratabrasil.com.br/images/estudos/Relato%CC%81rio\\_Completo.pdf](http://www.tratabrasil.com.br/images/estudos/Relato%CC%81rio_Completo.pdf)>.

Acesso em: mar. de 2022.

TRATA BRASIL, Instituto. **Manual do Saneamento Básico**. 2012. Disponível em:

<<https://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/pesquisa16/manual-imprensa.pdf>>. Acesso em: abril de 2022.

TRATA BRASIL, Instituto. **Perdas de Água Potável 2022 (SNIS ano base 2020): Desafios para Disponibilidade Hídrica e Avanço da Eficiência do Saneamento Básico no Brasil**. Disponível em:

<[https://tratabrasil.org.br/images/estudos/Perdas\\_d%C3%A1gua/Relat%C3%B3rio\\_Completo.pdf](https://tratabrasil.org.br/images/estudos/Perdas_d%C3%A1gua/Relat%C3%B3rio_Completo.pdf)>. Acesso em: jun. de 2022.

Trenberth, K. E.. **Conceptual framework for changes of extremes of the hydrological cycle with climate change**. 1999. Climatic Change, 42, 327– 339.

TUCCI, C.E.M.; MENDES, C.A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. 2006. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/\\_arquivos/sqa\\_3.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/sqa_3.pdf)>. Acesso em: abril de 2022.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, 2003, 248 p.

TUNDISI, José Galizia. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. 2008.

Disponível

em:

<<https://www.scielo.br/j/ea/a/7gyMPtTzfkYfWWsMHqVLTqm/?lang=pt>>. Acesso em: maio de 2022. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200002>

UN, United Nations. Climate Action. **17 Goals to Transform Our World**. Disponível

em: <<https://www.un.org/en/climatechange/17-goals-to-transform-our-world>>. Acesso em: mar. de 2022.

UNDRR, United Nations Office for Disaster Risk Reduction. **Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2022**. 2022. ISBN/ISSN/DOI 9789212320281 (ISBN). 236 p. Disponível em: <<https://www.undrr.org/publication/global-assessment-report-disaster-risk-reduction-2022>>. Acesso em: jun. de 2022.

UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change. **Fact sheet: Climate change science - the status of climate change science today**. 2011. Disponível em: <[https://unfccc.int/files/press/backgrounders/application/pdf/press\\_factsh\\_science.pdf](https://unfccc.int/files/press/backgrounders/application/pdf/press_factsh_science.pdf)>. Acesso em:

UNICEF. **O papel fundamental do saneamento e da promoção da higiene na resposta à Covid-19 no Brasil**. 2020. Disponível em: <<https://www.unicef.org/brazil/media/9721/file/nota-tecnica-saneamento-higiene-na-resposta-a-covid-19.pdf>>. Acesso em: mar. de 2022.

VANDERSLICE, J.; BRISCOE, J., **Environmental interventions in developing countries: Interactions and their implications**. 1995. American Journal of Epidemiology, 141:135-144.

Ventura, A. C., Fernández Garcia, L., & Andrade, J. C. S. (2019). **O potencial das tecnologias sociais de convivência com o semiárido para a geração de sinergia entre mitigação e adaptação às mudanças climáticas: um caso ilustrativo**. Revista Econômica do Nordeste, 50 (1), 65-83. Retrieved from <https://bit.ly/39druft>

VENTURA, Andréa Cardoso; DAVEL, Eduardo Paes Barreto. **Impacto Socioambiental da Pesquisa**. 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/osoc/a/8XGC6yXZRgptjmCxj9vSq4L/?lang=pt>>. Acesso em: abril de 2022.

VIDOTTI, E.C.; ROLLEMBERG, M.C.E. **Algas: da economia nos ambientes aquáticos à biorremediação e à química analítica**. Química Nova, v. 27, n. 1, p. 139-145, 2004.

VINCENT, R.K. et al. **Phycocyanin detection from LANDSAT TM data for mapping cyanobacterial blooms in Lake Erie**. Remote Sensing of Environment, United States, v. 89, p. 361-368, 2004.

WHITEHEAD, P. G. A. et al. **Review of the potential impacts of climate change on surface water quality.** Hydrological Sciences– Journal–des Sciences Hydrologiques, v. 54 n. 1, Feb. 2009.

WHITEHEAD, P. G. A. et al. **Review of the potential impacts of climate change on surface water quality.** Hydrological Sciences– Journal–des Sciences Hydrologiques, v. 54 n. 1, Feb. 2009.

WHITEHEAD, P. G. A. et al. **Review of the potential impacts of climate change on surface water quality.** Hydrological Sciences– Journal–des Sciences Hydrologiques, v. 54 n. 1, Feb. 2009.

WHO, WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Summary and policy implications Vision 2030: the resilience of water supply and sanitation in the face of climate change.** Geneva/Switzerland, 2009. 1–48 p.

WILCOX, E.M.; DONNER, L.J. **The frequency of extreme rain events in satellitera in-rate estimates and an atmospheric general circulation model.** Journal of Climate, v.20, n.1, p.53–69, 2007.

WORLD BANK. **World Development Report 2008: Agriculture for Development.** Washington, DC. 2008.

WWF BRASIL. **Guia de Adaptação às Mudanças do Clima para Entes Federativos.** Disponível em: <<http://adaptaclima.mma.gov.br/conteudos/9>>. Acesso em: fev. de 2022.

YAMASOE, E. M. A.; ARTAXO, P.; MIGUEL, A. H.; ALLEN, A. G. **Chemical composition of aerosol particles from direct emissions of vegetation fires in the Amazon Basin: water-soluble species and trace elements.** Atmospheric Environment 2000;34:1641-1653.