FUNDAÇÃO ESCOLA DE SOCIOLOGIA E POLÍTICA DE SÃO PAULO Master Business in Administration em Saneamento Ambiental

ANA MARIA RIBEIRO

MAPEAMENTO DE ÁREAS RISCOS DE INUNDAÇÃO COMO SUBSÍDIO PARA AS ADEQUAÇÕES NA INFRAESTRUTURA DA REDE DE DISTRIBUIÇAO DE ÁGUA FRENTE ÁS ALTERAÇÕES CLIMATICAS

SÃO PAULO

MAPEAMENTO DE ÁREAS RISCOS DE INUNDAÇÃO COMO SUBSÍDIO PARA AS ADEQUAÇÕES NA INFRAESTRUTURA DA REDE DE DISTRIBUIÇAO DE ÁGUA FRENTE ÁS ALTERAÇÕES CLIMATICAS

Monografia apresentada à Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo, como exigência parcial para obtenção do título de *Master in Business Administration* Saneamento Ambiental, sob a orientação do professor Doutor Antonio Eduardo Giansante.

SÃO PAULO

2020

Biblioteca FESPSP – Catalogação-na-Publicação (CIP)

628.14

R484v Ribeiro, Ana Maria.

Mapeamento de áreas riscos de inundação como subsídio para as adequações na infraestrutura da rede de distribuição de água frente ás alterações climáticas / Ana Maria

Ribeiro. – 2020. 64 p. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Eduardo Giansante. Trabalho de Conclusão de Curso (MBA em Saneamento Ambiental) – Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo.

Bibliografia: p. 54-64.

- 1. Alterações Climáticas. 2. Infraestrutura da rede de distribuição de água.
 - 3. Gestão de Riscos. 4. Inundações. 5. Resiliência I. Giansante, Antonio Eduardo. II. Titulo.

CDD 23. : Água – distribuição 628.14

Ficha catalográfica elaborada por Éderson Ferreira Crispim CRB-8/9724

"Devemos agir com responsabilidade e considerando bem o impacto das nossas ações no curto e no longo prazo. Com efeito, são os pobres que sofrem o pior impacto da crise climática. Como demonstra a atual situação, os pobres são os mais vulneráveis aos furacões, à seca, às inundações e aos outros eventos climáticos extremos."

Papa Francisco

ANA MARIA RIBEIRO

MAPEAMENTO DE ÁREAS RISCOS DE INUNDAÇÃO COMO SUBSÍDIO PARA AS ADEQUAÇÕES NA INFRAESTRUTURA DA REDE DE DISTRIBUIÇAO DE ÁGUA FRENTE ÁS ALTERAÇÕES CLIMATICAS

Monografia apresentada à Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo, como exigência parcial para obtenção do título de *Master in Business Administration* Saneamento Ambiental, sob a orientação do professor Doutor Antonio Eduardo Giansante.

Data de aprovação:					
Banca examinadora:					
Nome do (a) professor (a), titulação,					
Instituição e assinatura.					
Nome do (a) professor (a), titulação,					
Instituição e assinatura.					

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, pelos dons que me foram concedidos e que serviram para a elaboração deste trabalho executado com muita dedicação.

À SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, em nome do Superintendente da área de Gestão de Riscos e Conformidade – Michael Breslin e do Gerente de Gestão de Riscos Corporativos - Luciano Sousa Diaz, pelo crédito, estímulo, confiança e apoio institucional.

À minha família, especialmente à minha mãe Nilce Travensoli Ribeiro, minha tia Terezinha Nilda Travensoli, meu ex marido e também melhor amigo: Paulo Sérgio Costa e sua mãe Elza Canonice - minha eterna sogra, e minha adorável filha Daniela Travensoli Ribeiro Costa, meu melhor projeto, que juntos, sempre me deram apoio, estimulo, inspiração, e a confiança necessária para os novos desafios, escolhas muitas vezes bastante desafiadoras e ousadas e recomeços na minha jornada de vida.

Ao meu orientador Doutor Antonio Eduardo Giansante pelo estímulo para a elaboração deste trabalho, e homenageando-o agradeço aos demais membros do corpo docente do Curso, em destaque à Harue Kubo pela paciência, disponibilidade, atenção e compreensão em todos os momentos.

Merece especial destaque também a colega de trabalho e de jornada acadêmica: Sueli Aparecida Almeida.

E por último, mas não menos importante, minha eterna companheira de trabalho da Sabesp, de todas as horas, que sempre me socorre nos momentos mais difíceis e mais complexos, que julgo ser uma das mulheres mais inteligentes que já conheci: Maria de Fátima Gomes Carvalho.

RESUMO

As alterações climáticas podem afetar a infraestrutura da rede de distribuição de água em muitas cidades do mundo, com consequências para a qualidade e a quantidade de água necessária para atender à crescente demanda por água, especialmente em áreas precárias que sofrem com eventos extremos e são suscetíveis a processos de inundações. A rede de distribuição de água é bastante extensa, linear e sua maior parte ocupa o espaço subterrâneo e, portanto, está muito exposta às condições ambientais. Eventuais falhas causadas por agentes internos ou externos, bem como chuvas extremas e a combinação desses fatores, podem causar danos e deterioração, o que requer substituição e manutenção de seus componentes. Para agravar esse cenário, a infraestrutura da rede de distribuição de água faz parte do sistema de abastecimento, que gera os maiores custos de substituição, conservação, manutenção e investimentos em novas tecnologias. Esta pesquisa de conclusão do curso apresenta um roteiro para a elaboração de um "mapa de área de riscos de inundação", com o objetivo de subsidiar ações de mitigação de riscos que aumentem a resiliência e o desempenho operacional da infraestrutura da rede de distribuição de água.

Palavras Chave: Alterações Climáticas, Infraestrutura de distribuição de água, Gestão de Riscos, Inundações, Resiliência

ABSTRACT

Climate change can affect water distribution network infrastructure in many cities

around the world, with consequences for the quality and quantity of water needed to

meet the growing demand for water, especially in precarious areas that suffer from

extreme events and are susceptible to flooding processes. The water distribution

network is quite extensive, linear and most portion of it occupies the underground

space and, therefore, is very exposed to environmental conditions. Eventual failures

caused by internal or external agents, as well as extreme rains or the combination of

these factors, can cause damage and deterioration, which requires replacement and

maintenance of its components. To aggravate this scenario, the infrastructure of the

water distribution network is part of the supply system, which generates the highest

costs of replacement, conservation, maintenance and investments in new

technologies.

This term paper presents a roadmap for the elaboration of an "flood risk area map",

with the objective of supporting risk mitigation actions that increase the resilience and

operational performance of the water distribution network infrastructure.

Keywords: Climate change, water distribuition network infrastructure, risk

management, floods, resilience

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 Aquecimento Global e as Alterações Climáticas	12
2.2 Eventos Climáticos Extremos	14
2.3 Inundações	18
2.4 Redes de Distribuição de Água	23
2.4.1 Deterioração da infraestrutura	25
2.4.2 Impactos das Inundações nas redes de distribuição de água	29
2.5 Gestão de Riscos	32
2.5.1 Gestão de Riscos Operacionais	35
2.6 Mapeamento de Áreas de Risco	36
2.6.1 Mapa de Áreas de Risco de Inundação	37
2.7 Geoprocessamento	38
2.8 Sistema de Informações Geográficas - SIG	39
3. ROTEIRO CONCEITUAL PARA ELABORAÇÃO DE UM MAPA DE ÁREA	
RISCO DE INUNDAÇÃO	
4. ESTUDO DE CASO	
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
REFERÊNCIAS	54

1. INTRODUÇÃO

O aquecimento global e as alterações climáticas ganharam grande importância nas últimas décadas e são temas que têm sido bastante discutidos em pesquisas acadêmicas, seminários, conferencias, e se transformaram numa preocupação mundial, especialmente na disponibilidade de água doce no planeta.

Os impactos nos recursos hídricos, gerados pelas alterações climáticas, são desafios que irão exigir, cada vez mais, a colaboração das comunidades científicas no desenvolvimento de soluções e ferramentas inovadoras que auxiliem de sua gestão a longo prazo.

Para as operadoras de serviços públicos de abastecimento de água e coleta de esgotos, os desafios estão diretamente relacionados à disponibilidade hídrica dos mananciais, recurso básico para a continuidade do negócio, e ao aumento da frequência de eventos climáticos extremos.

Acrescente-se que, a infraestrutura hídrica de abastecimento de água foi projetada com base em registros hidrológicos, sem considerar os efeitos das alterações climáticas, especialmente para o estresse causado por eventos extremos.

A infraestrutura da rede de distribuição de água é composta por um conjunto sistemas e equipamentos que tem um papel essencial para a manutenção da vida.

Eventos extremos, podem colocar em risco a eficiência, a segurança operacional e a continuidade dos serviços, cuja paralisação ou danos em seus componentes podem trazer impactos negativos para vários segmentos da sociedade, especialmente para a área da saúde.

O conhecimento dos fatores condicionantes da vulnerabilidade da infraestrutura de abastecimento em áreas de inundações, derivando para a elaboração de mapas de áreas de riscos é de grande relevância na medida em que subsidia um planejamento de gestão de riscos.

Neste sentido, ações que reforcem a gestão de adaptação e resiliência da infraestrutura da rede de distribuição de água, frente às alterações climáticas, tornam-

se urgente, para assegurar, que a qualidade da água que irá chegar até o consumidor, atenda os padrões de potabilidade da Organização Mundial da Saúde – OMS.

O Objetivo desta pesquisa foi elaborar um roteiro conceitual, para elaboração de um "mapa de área de risco de inundação", para as prestadoras públicos de serviços de água e esgotos, para subsidiar ações de mitigação de riscos que aumentem a resiliência e o desempenho operacional da infraestrutura da rede de distribuição de água e seus componentes, de forma a mitigar seus riscos e seus efeitos sócio econômicos e de saúde pública, considerando que sua integridade pode ser influenciada pelas alterações climáticas.

Para o atendimento do objetivo, foram realizadas as seguintes etapas:

- a) Pesquisa ampla consulta de bibliografias, incluindo conceitos, experiências, normas e regulamentações;
- Elaboração de um roteiro conceitual das principais etapas do método para a estruturação de um mapa área de risco de inundação;
- Estudo de caso com escolha e contextualização de uma área com frequentes registros de inundações como demonstração da aplicabilidade do mapa proposto no roteiro; e
- d) Conclusões e recomendações a partir da aplicação do método proposto no roteiro.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aquecimento Global e as Alterações Climáticas

As consequências de curto prazo das alterações climáticas somam uma "emergência planetária". De acordo com o "Global Risk 2020", pela primeira vez na história da Pesquisa de Percepção de Riscos Globais, as preocupações com o clima foram os principais riscos apontados entre os membros do Fórum Econômico Mundial (WEFORUM,2020).

O aquecimento global é sem dúvida uma das questões globais mais importantes do século. Tem sido amplamente reconhecido por cientistas climáticos e muitos formuladores de políticas como sendo desencadeador de riscos significativos para o meio ambiente com desdobramentos para o setor econômico e social. Ainda que não haja um consenso sobre os fatores de maior potencialidade para o aquecimento global, as consequências tem sido das mais diversas e devastadoras, e estão estampadas nos principais canais de mídia de todo o mundo.

De acordo com o IPCC (Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas) de 2014, os eventos extremos, representados por chuvas de curta duração e alta intensidade, tem forte relação com as variações climáticas. O documento também prevê a ocorrência de eventos extremos, como maré alta e tempestades muito fortes. Num de seus relatórios especiais sobre o aquecimento global, o IPCC descreve que os impactos globais são de 1,5º C acima dos níveis pré-industriais e vias de emissão globais relacionadas no contexto de fortalecer a resposta à ameaça das alterações climáticas.

Neste ponto, é importante esclarecer que, é o "aquecimento global" que causa as "alterações climáticas" e não o contrário, ou seja, o principal fator deflagrador das alterações climáticas é o aquecimento global, que tem fortes consequências no sistema físico, biótico e antrópico de todo o planeta.

As mudanças climáticas globais tendem a aumentar em intensidade e frequência os eventos climáticos extremos que se fazem sentir no âmbito local, em especial nos centros urbanos. Nesse sentido, eventos climáticos extremos como o aumento do nível do mar, furacões, eventos extremos de precipitação, eventos extremos de calor,

estiagens prolongadas e seca podem deflagrar desastres socioambientais tendo em vista a vulnerabilidade de pessoas, lugares e instituições. (BACK, et. al, 2016).

Os impactos diretos das mudanças climáticas na infraestrutura física das cidades ocorrem tanto em países desenvolvidos quanto em países em desenvolvimento. Porém, em ambos casos são as famílias de menor renda as mais vulneráveis. Além dos atuais riscos presentes no contexto urbano frente a eventos climáticos extremos, as crescentes taxas de urbanização em países em desenvolvimento tendem a pressionar as populações de menor renda a fixarem residências em áreas suscetíveis às inundações, deslizamentos e demais riscos relacionados às mudanças climáticas (UN-HABITAT, 2011).

A alteração do regime das chuvas nos grandes centros urbanos está intimamente relacionada às mudanças climáticas que ocorrem no Planeta. E por outro lado, a presença de ilhas de calor nas megacidades como São Paulo e Rio de Janeiro, fenômeno local, acaba influenciando outras regiões em maiores escalas (MARENGO, 2013; SILVA DIAS, 2012).

Os recursos hídricos são altamente sensíveis à variação climática em todas as escalas de tempo e espaço. Além de mudar o ciclo hidrológico, as alterações climáticas podem mudar a cultura do uso da água, de como e de quanto se usa. A elevação da temperatura global e a variabilidade climática continuarão aumentando a capacidade atmosférica de reter a umidade, levando a uma maior capacidade para eventos de fortes precipitações e inundações.

As alterações climáticas também afetam os ambientes fluviais. O aumento da água traz a hipóxia (diminuição do conteúdo de oxigênio dissolvido de um corpo de água) no fundo dos rios, lagos e com isso, efeitos nocivos aos hidrossistemas, levando também ao aumento da turbidez e diminuição da qualidade da água.

São muitos os impactos das alterações climáticas, especialmente aos recursos hídricos. O clima extremo tanto pode levar a excesso de águas e consequentemente a inundações, ou nos períodos de secas e influenciar no abastecimento de água. Durante a seca, as hidrelétricas podem ser interrompidas devido à escassez e indisponibilidade hídrica, afetando a qualidade e quantidade de agua. Já nas

inundações existem sérios riscos de contaminação da água e consequentemente na saúde pública.

2.2 Eventos Climáticos Extremos

O aumento da temperatura leva a um maior fluxo de calor e energia na atmosfera, ocorrendo também maior acréscimo de evaporação, o que faz com que a superfície, também fique mais seca, com maior vapor de água na atmosfera, o que favorece as precipitações. O aumento de umidade do ar produz precipitações cada vez mais intensas e se espalham por todo o planeta, podendo dar origem a eventos extremos e inundações.

Há uma unanimidade entre os pesquisadores climáticos, de que o aumento da temperatura da Terra está causando eventos cada vez mais extremos. A temperatura das águas do oceano está ficando mais quente, o que sinaliza que as tempestades tropicais podem captar mais energia e, portanto, eventos cada vez mais extremos.

De acordo com o IPCC (2014), os eventos extremos têm forte contribuição das alterações climáticas. As chuvas que ocorrem com grandes volumes de água em curto período de tempo, somados ao uso inadequado dos solos, retirada de cobertura vegetal, impermeabilização do solo, depósito resíduos sólidos em locais inadequados, trazem condições bastante frágeis para a implantação e operação dos sistemas de abastecimento de água e esgotos, em razão do impacto causado pelas águas de chuvas, que sob condição volume, pressão e vazão, aceleram os processos de inundações.

Para compreender a definição dos extremos climáticos, bem como o lugar e a razão de sua ocorrência é necessário olhar para o clima global do planeta Terra. Um extremo climático não ocorre isoladamente em uma área, tem conexões com outros lugares e normalmente faz parte de um padrão global mediante os sistemas atmosféricos associados (DIAS, 2014).

O Brasil enfrentou, nos três primeiros meses do ano de 2020, uma série de eventos climáticos extremos, tendo vários Estados afetados por inundações, com chuvas torrenciais que provocaram muitas destruições, paralisação de atividades essenciais e até mortes. Estes eventos aumentaram sobretudo nas regiões metropolitanas das

capitais dos Estados da Região Sudeste.

O Estado de São Paulo tem um clima subtropical úmido, ou seja, as chuvas diminuem no inverno, com um período bem curto, e aumentam no verão. A precipitação ocorre no período entre os meses de outubro a março, com bastante variabilidade na temperatura e na precipitação, por estar numa área de transição, entre a Nordeste e a Sul, sendo a primeira uma região bastante seca e outra região úmida,

De acordo com Alves et al. (2002) e Paiva (1997), o período chuvoso na região Sudeste do Brasil concentra-se entre os meses de outubro a março, quando ocorrem mais de 80% do total anual de chuvas. Devido a esta característica, este regime bem definido de precipitação caracteriza-se como um sistema de monção, semelhante ao de uma região monçônica do sudeste da Ásia (VEIGA et al., 2002).

Desde 2009, o estado de São Paulo tem um documento que deveria ser usado para nos preparar para esse cenário, a Política Estadual de Mudanças Climáticas. Inclusive, o seu texto traz previsões de como serão as chuvas do estado nos próximos anos. Um trecho, citando o climatologista José Marengo aponta: "Segundo os cenários brasileiros, aponta-se maior frequência e intensidade nos eventos extremos de curta duração, associados ao aquecimento global como secas, chuvas intensas, ondas de frio ou de calor, vendavais, furacões, inundações e ressacas" (GREENPEACE BRASIL,2020).

De acordo com Marengo (2009), eventos extremos são referidos como grandes desvios de um estado climático moderado, como chuvas intensas, vendavais e furações. Tais eventos caracterizam-se por sua intensidade, baixa frequência e dificuldade de gerenciamento para a adaptação e a redução de seus efeitos, relacionada à impossibilidade de prevê-los com exatidão.

A revista científica *Annals of the New York Academy of Sciences de* fevereiro de 2020, publicou dados que o número de eventos climáticos extremos aumentou nos últimos 20 anos na Região Metropolitana de São Paulo.

O Gráfico da **Figura 1** mostra o número de tempestades de duas estações meteorológicas que comprovam o aumento da frequência de chuvas extremas da Região Metropolitana de São Paulo nos últimos 20 anos. (Ecodebate, 2020).

Os números não deixam dúvida sobre o aumento da ocorrência de tempestades na metrópole paulistana: foram 11 acima de 100 mm nos últimos 20 anos (período 2001-2020), comparados a 10 na somatória dos 60 anos anteriores (período 1941-2000).

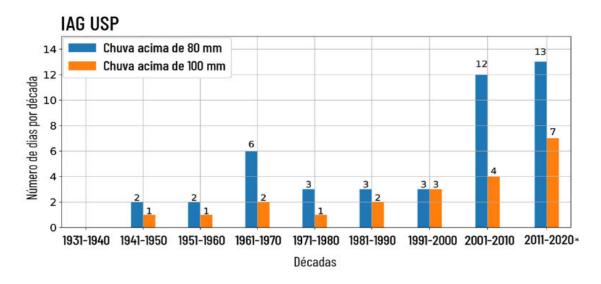


Figura 1 – Gráfico de Tempestades

Fonte: Ecodebate, 2020

Segundo Tercio Ambrizzi, *professor titular do Departamento de Ciências Atmosféricas do IAG-USP*, "À medida que a temperatura aumenta, aumenta também o gradiente dos extremos" A tendência, portanto, é que a situação piore ainda mais nos próximos anos e décadas — considerando que a tendência de aquecimento do planeta não deve ser revertida tão cedo (Ecodebate, 2020).

O mesmo autor comenta no (Jornal da USP, 2020) que os efeitos climáticos globais, segundo ele, são exacerbados por fatores urbanos locais, como o efeito "ilha de calor", gerado pelo excesso de concreto e pelo déficit de áreas verdes nas cidades. O aumento da temperatura média da Terra no último século foi de 1 grau Celsius — o que já é muito grave, mas na cidade de São Paulo esse aumento chega a 4 graus Celsius, por causa dessa "ilha de calor". O concreto absorve calor durante o dia e libera essa energia térmica durante a noite, aumentando tanto a temperatura diurna quanto a noturna. Isso favorece a formação de nuvens mais profundas, que produzem chuvas mais fortes e mais concentradas sobre a cidade.

De acordo com o INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (2020), "São Paulo teve

o verão acima da média na capital. Na capital São Paulo foram 49 dias com registro de precipitação mensurável no período, perfazendo um total de chuva de 947,1 mm, volume cerca de 30% acima da média sazonal que é de aproximadamente 730 mm (1961 a 2019) ".

O trabalho de vários pesquisadores entre eles o pesquisador Lincoln M. Alves do Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), faz uma análise dos estudos que abordam as tendências observadas em eventos extremos de chuva na Região Metropolitana de São Paulo (MASP). Estes são discutidos em relação aos riscos hidrometeorológicos que desencadeiam desastres naturais, como inundações repentinas, deslizamentos de terra e secas que afetam a população e as economias locais. Paralelo, a pesquisa revisa também os potenciais impactos das tendências de aumento nos extremos de chuvas e na frequência de desastres naturais para as próximas décadas (INPE, 2020).

As alterações climáticas estão aumentando os desafios das concessionárias. Entre os anos de 2014 e 2016 houve a crise hídrica, com a diminuição drástica do volume de águas da Represa Paulo de Paiva Castro, em Mairiporã, parte dos Sistema Cantareira, que é responsável pelo abastecimento de cerca de 8,8 milhões de pessoas. Já em 2020, o volume de chuvas foi tão grande que foi preciso abrir as comportas de barragens.

De acordo com o professor Antônio Giansante, professor de Recursos Hídricos da FESPSP – "o problema não é só a falta (crise de desabastecimento), mas também o excesso de água (enchentes): "fenômenos extremos indicam mudanças climáticas". Ele lembra ainda, que quando os reservatórios ultrapassam o limite máximo de armazenamento, é necessário abrir as barragens. "Para evitar acidentes, a água precisa ser descartada porque não pode passar por cima das pontes, daí a importância da fiscalização das barragens", argumenta (R7 NOTÍCIAS,2020).

De acordo com Pereira Filho, 2015, a crise hídrica de 2014 no Sudeste não foi uma consequência direta das alterações climáticas e que no período de 2013 a 2014 houve uma movimentação de massas de ar polar mais frio e seco da Antártica para a América do Sul, com recordes de temperaturas mínimas. Estudos da NASA demostram que entre 2007 e 2015 a área de cobertura de gelo da Antártica aumentou

continuamente, sugerindo que esse continente e a atmosfera adjacente estejam mais frias.

A alteração do ciclo hidrológico sinaliza que as formas convencionais de fazer a gestão dos recursos hídricos já não estão mais funcionando. Os padrões de precipitação mudaram. O aumento de incêndios florestais está relacionado ao aumento da temperatura, que também afeta a qualidade da água e diretamente a integridade da infraestrutura dos sistemas de abastecimento tradicionais. Um aumento de eventos extremos degradará a qualidade da água e aumentará o risco de inundações catastróficas.

2.3 Inundações

A relação das cidades com os cursos d'água vem se alterando com o decorrer dos anos. A proximidade entre rios e aglomerações urbanas era considerada como fator determinante para o desenvolvimento das cidades, uma vez que os cursos d'água forneciam a água para o abastecimento, eram o corpo receptor de resíduos e facilitavam a comunicação e transporte. As eventuais inundações eram relativamente bem aceitas como uma forma de compensação pelos benefícios advindos da água junto à cidade (BAPTISTA; NASCIMENTO, 2002).

O termo enchente é definido como processo natural do aumento da vazão nos rios, onde as águas escoam até seu limite máximo ao longo das margens plenas de um canal. Já inundação é definida como a extrapolação das águas para as áreas de várzeas dos canais fluviais (TUCCI & BERTONI 2003; BRASIL, 2007; HORA E GOMES, 2009; CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES, 2011; SANTOS ET AL., 2016).

No que se refere à compreensão e a diferença entre alagamento, enchente e inundação, são apresentados os seguintes conceitos e também representados na **Figura 2**:

Os "alagamentos" estão restritos as áreas urbanas, fruto das fortes chuvas sobre um ambiente extremamente urbanizado e solo intensamente impermeabilizado (WOLLMAN e SARTORI, 2008, p.2). De acordo com Grilo (1992), os alagamentos ocorrem, de modo geral, em áreas planas ou com depressões e fundos de vales, com

o escoamento superficial comprometido pela topografia e falta ou insuficiência de um sistema pluvial no ambiente urbano.

Para Maia (2009, p. 20) existe uma pequena confusão conceitual quando se designa este fenômeno hidrológico: o termo inundação. Há uma diferença entre enchente e inundação. O primeiro se refere a águas que extravasam o leito menor dos rios; a inundação é um fenômeno geomorfológico que ocorre no período de cheia, quando as águas fluviais extravasam o canal fluvial, inundando a região.

A "enchente" ocorre quando há um enchimento de sua área máxima de vazão do rio. No momento em que as águas ultrapassam o nível máximo da calha, e as águas começam a ocupar as áreas das várzeas, criadas pela natureza para esta finalidade, dá-se início ao fenômeno da "inundação", conforme demonstra a **Figura 2**.



Figura 2: Perfil de uma situação de enchente e inundação

Fonte: Ministério das Cidades/IPT, 2007.

De maneira geral, os episódios de inundações em áreas urbanas estão associados aos eventos de extremos climáticos de precipitação que se expressam por serem grandes volumes pluviométricos em curto espaço de tempo. Essas precipitações que ocorrem nos períodos úmidos ocasionam danos a população quando ultrapassam a margem de 30 mm (VILELA FILHO, 2006).

De acordo com Tucci, as inundações podem ser decorrentes de três tipos de processos, os quais podem ocorrer isoladamente ou em conjunto, tais processos são as inundações em áreas ribeirinhas, as inundações devido a urbanização e as inundações localizadas. Mas Tucci, também salienta que as inundações também podem ocorrer com a combinação desses processos, e que existem outros pontos específicos que contribuem tais como: Chuvas intensas; Impermeabilização; Destino

do lixo, Drenagem deficiente e Ocupação irregular do solo (TUCCI,2005).

Eventos de inundações, frequentemente apresentados pelos noticiários, acarretam consequências diretas não somente para os moradores na região onde ocorrem, mas também para aqueles que estão no entorno, em função da relação de interdependência, e também incluem custos e despesas para outros segmentos, o que demanda a necessidade de ter estes riscos identificados e mapeados, a fim de conhecer e mitigar os fatores indutores.

A **Figura 3** demonstra o zoneamento de áreas de ocupações de margens de rios urbanos: Faixas 1 – Alto Risco – Ocupação Proibida; Faixa 2 – Ocupação Restrita; e Faixa 3 – Baixo Risco.

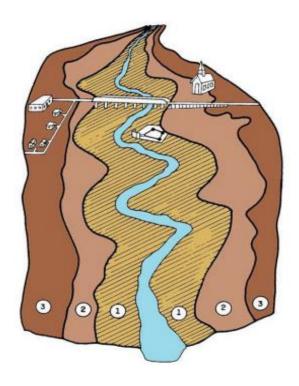


Figura 3 - Faixas de áreas inundáveis

Fonte: U.S. Water Resourses Council, 1971 apud Tucci, 2005, nota 13

Desastres naturais relacionados a inundações, alagamentos e enchentes, além de muito frequentes, provocam grandes danos materiais e, dependendo de sua magnitude, causam a irreparável perda de vidas. A ocorrência de inundações em áreas urbanas e ribeirinhas no Brasil tem se intensificado e tornado mais frequente a cada ano. Este agravamento ocorre em função tanto da crescente impermeabilização do solo, decorrente da urbanização acelerada, como da imprevidente ocupação

urbana de áreas ribeirinhas, que antes constituíam as várzeas e planícies de inundação (ANA, 2000).

Aproximadamente 21 milhões de pessoas em todo o mundo podem ser afetadas por inundações de rios em média a cada ano, e os 15 países com mais pessoas expostas, incluindo Índia, Bangladesh, China, Vietnã, Paquistão, Indonésia, Egito, Mianmar, Afeganistão, Nigéria, Brasil, Tailândia, República Democrática do Congo, Iraque e Camboja, representam quase 80% da população total afetada em um ano médio (WRI.ORG,2020).

As inundações são fenômenos relacionados a diferentes padrões climáticos e pluviométricos e, portanto, variam de acordo com as diversas regiões. Bangladesh, por exemplo, que está localizada na região da Ásia do Sul, tem uma das posições mais desfavoráveis do ponto de vista do mapa global, no que diz respeito à vulnerabilidade às inundações. Ocorre que o país é quase que inteiramente em terras baixas e planas, com poucas elevações acima do nível do mar.

O WRI – World Resourse Institute analisou que os países que tem inundações tem o PIB afetado e em geral são países considerados "menos desenvolvidos" ou "em desenvolvimento" e os valores chegam a ultrapassar bilhões de dólares. (WRI,2015).

Experiências com inundações têm sido devastadoras e com o aumento da população, especialmente nas áreas urbanas, houve uma tendência pela ocupação das áreas de várzeas, resultando numa série de prejuízos para a natureza com o passar dos anos. Mesmo algumas áreas que não são susceptíveis a inundações, passaram a sofrer as consequências. Nesse contexto, as inundações são dos desastres "não naturais", os mais frequentes, enfrentados por muitos países.

Após análise de 11 (onze) eventos de inundações com grande impacto na RMSP, demonstrou que desde a década de 1930 tem ocorrido um aumento progressivo das precipitações; mais de 200 mm anuais em relação há sessenta anos e, o mais importante sob o ponto de vista dos riscos contemporâneos, a pesquisa revela, que estas tempestades são pontuais e concentradas, ou seja, não ocorrem de forma distributiva pelo espaço urbano, e, portanto possuem um maior potencial de causar danos (ALVES FILHO, 1996 E ZILDA, ET.AL, 2018).

A **Fotografia 1** mostra uma inundação na região da Ponte da Casa Verde em São Paulo, em fevereiro de 2020. O transbordamento do rio Tietê trouxe muitos transtornos, exemplo do Estudo de Caso desta proposta.



Fotografia 1 – Inundação – Ponte Cada Verde.

Fonte: G1- São Paulo, 2020.

Os processos são particularmente agravados nas regiões periféricas mais carentes das cidades, com especial fragilidade nas áreas de fundos de vales, que associados à falta ou inexistência de infraestrutura básica, como pavimentação e obras de drenagem de águas pluviais, moradias executadas em condições precárias e sem acompanhamento técnico, se potencializam e deixam a infraestrutura da rede de distribuição de água muito vulnerável.

As inundações podem trazer danos generalizados e impactos de curto, médio e longo prazos nas infraestruturas de redes de abastecimento de água e de coleta de esgoto; redes de energia; gás e comunicação; estradas, viadutos, tuneis, pontes, portos marítimos e redes ferroviárias, pois prejudicam o transporte de gêneros de primeira necessidade. As operadoras perdem a capacidade operacional, total ou parcial, sendo obrigadas a paralisar os serviços, podendo prejudicar parcela expressiva da população.

As perdas de bens patrimoniais de moradores que vivem em planícies de inundação, trazem mais fragilidades, em especial a econômica, uma vez que a cada inundação, os moradores são prejudicados e precisam começar tudo de novo, e por não disporem de alternativas para morar em lugares mais apropriados, acabam construindo suas

casas nos mesmos lugares.

O abastecimento de água e o esgotamento sanitário podem ser interrompidos durante as inundações. A operação e manutenção da infraestrutura de abastecimento de água, durante o período de as inundações, é um grande desafio, exigindo das operadoras, mais de que a habilidade de seus funcionários, mas a disponibilidade da substituição de materiais que nem sempre têm reservas nos almoxarifados. São exigidas tecnologias cada vez mais apropriadas, em prazos cada vez mais curtos, para não provocar transtornos.

A manutenção ou expansão da infraestrutura para água e saneamento deve ser uma preocupação urgente que irá facilitar a adaptação ás mudanças climáticas. A infraestrutura para águas de chuva e para águas residuais devem incluir em sua concepção os efeitos da mudança climática; também será necessário avaliar a melhora do seu desempenho provocadas por mudanças na disponibilidade hídrica, na demanda e na qualidade (*UN-Water*, 2011).

O Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA,2016), instituído em 10 de maio de 2016 por meio da Portaria nº 150, é um instrumento elaborado pelo governo federal em colaboração com a sociedade civil, setor privado e governos estaduais que tem como objetivo promover a redução da vulnerabilidade nacional à mudança do clima e realizar uma gestão do risco associada a esse fenômeno (MMA,2020).

A frequência das inundações é alterada devido às alterações na bacia hidrográfica, que modificam a resposta hidrológica e aumentam a ocorrência e magnitude do fenômeno (CENAPRED, 2007).

2.4. Redes de Distribuição de Água

O fornecimento de agua, de forma suficiente com qualidade e quantidade adequadas, tem sido uma das questões mais importantes da história da humanidade desde o início dos tempos. A maioria das cidades foram construídas nas proximidades dos rios ou onde havia de fontes de água. Na medida em que a sociedade foi se desenvolvendo, consequentemente, houve o aumento natural da população, e desta forma, a necessidade de atender a demanda sempre crescente.

Nasceu também a necessidade de transportar água para locais mais distantes para

atender outras cidades, culminando na construção de mais robustas. Com o passar dos tempos, os sistemas de abastecimento de água foi ganhando mais tecnologia com métodos cada vez mais inovadores e mais eficazes, bem como foram sendo utilizadas fontes alternativas e renováveis.

No entanto, o sistema de abastecimento também começou a ficar cada vez mais complexo e ter maiores desafios, especialmente por consequências das alterações climáticas, com maior preocupação em países em desenvolvimento. Dessa forma, uma preocupação ao longo dos anos, tem sido a construção de sistemas cada vez mais confiáveis e resilientes do ponto de vista funcional e operacional, e com longa tempo de durabilidade, incluindo também a redução de falhas, acidentes despesas com manutenção e substituição de seus componentes, bem como na optimização dos custos. Tudo isso sinaliza a necessidade constante de inovações na infraestrutura da rede de distribuição de água.

O sistema de distribuição é constituído por reservatórios e redes de distribuição. Os reservatórios visam compensar a diferença de consumo e produção de água, bem como manter a pressão mínima na rede de distribuição e servir às demandas emergenciais. A rede de distribuição é o conjunto de tubulações que leva a água tratada até o consumidor (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2007).

A rede de distribuição consiste na última etapa de um sistema de abastecimento de água, sendo formada de "tubulações e órgãos acessórios, destinados a colocar água potável à disposição dos consumidores, de forma contínua, em quantidade, qualidade e pressão adequadas" (TSUTIYA, 2006).

Segundo Porto (2006), um sistema de distribuição de água caracteriza-se por um conjunto de equipamentos (tubulações, reservatórios, bombas, etc) que tem como finalidade atender as condições de vazão e pressão convenientes a cada um dos pontos de consumo de uma cidade ou setor de abastecimento. No que concerne à sua concepção, as redes são caracterizadas como ramificadas ou malhadas.

As redes de distribuição de água fazem parte de um conjunto de componentes que formam uma infraestrutura extremamente importante e dinâmica. Grande parte dos consumidores, ao abrir uma torneira, um chuveiro ou acionar a descarga de um vaso

sanitário, ignoram ou desconhecem os processos percorridos pela agua, desde o manancial, até chegar no seu destino, a menos que ocorra uma interrupção no fornecimento de água.

2.4.1 Deterioração da infraestrutura

A qualidade da água está diretamente relacionada às condições da infraestrutura da rede de distribuição de água, principalmente em razão dos riscos potenciais aos consumidores. Eventuais consertos, obras de prolongamentos, reparos emergenciais, acabam colocando em risco a qualidade da água.

O processo deterioração da infraestrutura de distribuição de água é uma preocupação mundial. Aumentam as preocupações com a integridade da infraestrutura dos sistemas de abastecimento de água, à medida em que se buscam por inovações e na identificação de estratégias que possam ser consideradas, para reduzir os riscos relacionados à deterioração da infraestrutura, que possam comprometer a potabilidade da água.

Muitas dessas redes são compostas por tubulações de vários tipos de materiais, incluindo amianto, ferro fundido, PVC e até aço. Na medida em que a cresce a população, aumenta a demanda por água, e de forma paulatina, ocorre estresse nas redes de distribuição de água, causando corrosões, rupturas e infiltrações, que muitas vezes são prematuras, já que também atingem tubulações ainda muito novas.

Não importa quando, como e onde, cedo ou tarde, todas as redes apresentam algum tipo de talha, independentemente do diâmetro, da idade e tipo de material, quaisquer que sejam as condições, tudo tem um tempo de funcionamento.

Os principais materiais de tubos e peças utilizados ou em utilização em sistemas de distribuição de água são: ferro fundido cinzento, ferro fundido dúctil, PVC (policloreto de vinila), polietileno (PE) e fibrocimento. Os materiais que mais se destacam em termos de extensão de aplicação em redes de distribuição, atualmente, são o ferro fundido dúctil e o PVC (CHAMA NETO, 2004).

À medida em que aumentam as demandas, há uma exigência maior das redes em termos de pressão, volume, quantidade de água. Somados também todos os fatores

envolvidos, as redes começam a sofrer fadigas e se deteriorar, o que gera uma muita preocupação para as concessionárias, já que a substituição representa grandes investimentos, ao mesmo tempo que a "não substituição" pode gerar custos e despesas ainda muito maiores e causar ineficiência operacional.

Segundo Tsutiya (2006), a deterioração dos sistemas de transporte e distribuição de água mais antigos, que não sofrem adequada manutenção e recuperação, resultam em elevada perda de carga, com importantes perdas de faturamento por parte da prestadora de serviço, devido aos vazamentos, bem como deixa o sistema de abastecimento vulnerável à contaminação da água através da perda de estanqueidade das tubulações e juntas danificadas.

A implantação da infraestrutura de abastecimento de água requer grandes investimentos, portanto os sistemas existentes não podem ser trocados ou melhorados dentro de um curto período de tempo. A idade das tubulações pode geralmente ser estimada pelo seu tipo de material (SARZEDAS,2009).

A deterioração das redes e ramais ao longo dos anos pode provocar rompimentos nas tubulações, o que gera vazamentos em que a água é escoada pelas redes de esgoto ou pelas redes de água pluvial, impossibilitando que o problema seja visivelmente detectado, muitas vezes durante um período bastante prolongado (MORAIS ET. AL, 2010).

As redes de distribuição de água são constituídas por tubos e peças, tais como, curvas, tês, reduções, registros, válvulas, hidrantes, entre outros, que precisam ter resistência suficiente para suportar não somente as pressões internas estáticas e dinâmicas, mas também capacidade para suportar os esforços externos atuantes sobre as mesmas, assim como, a variação de pressão que surge de maneira repentina e pode ser gerado pela abertura ou fechamento rápido de uma válvula, hidrante ou partida de uma bomba. Os esforços externos atuantes sobre a tubulação normalmente são o peso de terra sobre o tubo e o carregamento devido ao trânsito de veículos na superfície (CHAMA NETO, 2005).

No que se refere à vida útil destas tubulações, Tardelli (2005) aponta que os componentes de um sistema de distribuição têm uma vida útil que depende da

qualidade do material empregado, das condições físico-químicas do solo, da qualidade da execução de implantação e, posteriormente, da manutenção e das proteções contra o fenômeno da corrosão.

De acordo com Kleiner et al. (2001), a rede de distribuição de água, que é tipicamente o componente mais caro de um sistema de abastecimento, está continuamente sujeita a condições ambientais e operacionais que levam à sua deterioração.

Segundo Venturini *et al.* (2001), é de fundamental importância para o sucesso do controle efetivo da deterioração que os decisores conheçam: a extensão, a severidade e a natureza da deterioração; avaliem alternativas que reduzam a taxa de deterioração e a substituição da seção deteriorada; realizem o desenvolvimento cuidadoso de um plano de reabilitação sistemática e tomem ciência das prováveis tendências de deterioração do sistema.

A qualidade da água de uma rede de abastecimento está fortemente relacionada ao seu regime de distribuição, às características de projeto e operação do sistema de abastecimento (Clark & Coyle, 1990), e à localização do empreendimento no que diz respeito à vulnerabilidade da área de influência (PIMENTEL & CORDEIRO NETTO, 1998).

Ribeiro (2008) menciona que a falta de condições está gerando o retorno de doenças antes consideradas erradicadas ou que não tinham seu número de casos aumentados durante a década de 1990. Esse e o caso de diarreia, do tifo, da cólera, e de mais de trinta tipos de bactérias e vírus que afetam o aparelho digestivo humano, cujo contágio ocorre por meio da ingestão da água contaminada, principalmente onde a infraestrutura de saneamento é inadequada ou inexistente.

De acordo com Martins e Sobrinho (2006), hoje no Brasil, as maiores deficiências dos sistemas de abastecimento de água devem-se principalmente à deterioração dos sistemas antigos, especialmente na parte de distribuição de água.

Dentre os fatores identificados por Morris Jr (1967), mais abrangentes estão: Projeto inadequado; instalação imprópria; oscilação ou transiente hidráulico; movimento do solo; corrosão interna ou externa; diferencial de temperatura; defeitos de fabricação e impactos.

Os maiores volumes de perda de água também se encontram na infraestrutura da rede de distribuição de água. Há uma relação direta entre perda de água e seu estado de conservação e funcionamento. O índice de perda constitui um dos principais indicadores de desempenho, pois há uma relação direta das perdas de faturamento e as perdas na rede de distribuição.

No Brasil o elevado índice de perdas é preocupante. Dados do SNIS mostram que, em média, as empresas do setor apresentam perdas que variam em torno dos 40%, porém em algumas empresas as perdas facilmente superam os 60%. (ABES, 2013; BRASIL, 2013).

Segundo os padrões recomendados pela IWA, define-se perdas como: toda perda física ou não-física de água ou todo o consumo não autorizado que determina aumento do custo de funcionamento ou que impeça a realização plena da receita operacional das empresas de saneamento. (BÁGGIO, 2014).

No que se refere às redes de distribuição de água, o sistema de abastecimento se torna bastante complexo, tanto em relação ao dimensionamento, quanto à operação e manutenção (PORTO, 2006). A rede de distribuição é um dos processos onde a infraestrutura, além de mais cara, é a mais complexa e mais dispendiosa de todo do sistema de abastecimento de água. Suas instalações são em logradouros públicos (avenidas, vielas, calçadas, alamedas, etc) e muitas vezes bastante confinadas, e ocupam o espaço subterrâneo, tendo que vencer os limites físicos, além de cruzamentos e conexões de outras concessionárias.

Coelho, Loureiro e Alegre (2006) afirmam que as redes de distribuição são tipicamente "infraestruturas enterradas", em que uma reduzida parte dos componentes possibilita inspeção, o que dificulta a monitorização do sistema.

Alguns dos fatores principais, mas não são os únicos fatores que agem individualmente ou em combinação para levar a uma ruptura principal (DAMODARAN et al., 2005).

A corrosão nas tubulações, pode ser compreendida como a degradação de um material por reação com o ambiente local. Nas redes de abastecimento de água, o termo "corrosão" é bastante comum e refere-se à dissolução de revestimentos

internos/externos de tubulações, e é um dos principais motivos de substituição de tubulações.

Sarzedas, 2009, fez um levantamento histórico em redes de distribuição de água, demonstrando a taxa de quebra (vaz/100 km.ano) foi de 5% para o período de 1996 a 2007, e comentou sobre a dificuldade da obtenção de informações disponíveis, especialmente no que se refere a data do reparo, localização e diâmetro do tubo.

Os custos e despesas com falhas, manutenção preventiva e corretiva representam um passivo financeiro. No entanto, os acidentes operacionais, podem triplicar a soma desses valores, envolvendo altos valores indenizatórios e assistenciais com processos judiciais e prejuízo à imagem prestadora de serviços.

No entanto, ainda que enfrentando muitas barreiras, especialmente no investimento de reforço da infraestrutura, as prestadoras de serviços têm argumentos suficientes para substituir e reforçar a infraestrutura das redes de distribuição de água envelhecidas. Além disso, é uma excelente oportunidade para a melhoria da produtividade, eficiência e mitigar riscos.

2.4.2 Impactos das inundações nas redes de distribuição de água

Inundações em áreas urbanas também estão relacionadas ao descaso do Poder Público responsável pela fiscalização do uso e ocupação do solo, e ao mesmo tempo, sinalizam uma emergência na readequação das infraestruturas instaladas nessas áreas inundáveis.

"Os níveis das precipitações e os períodos de estiagem têm impactos diretos na infraestrutura de captação de água e nos sistemas de armazenagem e fornecimento. As mudanças climáticas talvez se mostrem uma verdadeira ameaça para integridade desses sistemas." (ROAF; CRICHTON e NICOL,2009, p.190), e ao mesmo tempo trazem incertezas na definição das prioridades face ao planejamento das ações.

Os centros urbanos vivem uma rápida urbanização, ou seja, o grande número de pessoas que saiu das áreas rurais para a urbana, em todo o mundo, exacerbou as cidades na capacitação da prestação de serviços, o que inegavelmente trouxe desafios, dentre os quais, um dos mais difíceis estão os resíduos sólidos, que

bloqueiam os canais de drenagem, resultando em inundações e podem trazer sérios problemas relacionados à saúde. Fica bastante evidente, que existe uma forte interação entre os resíduos sólidos e as inundações urbanas.

Neste sentido, a gestão de resíduos sólidos acumulados e não coletados mostra-se bastante urgente, e necessita primordialmente de colaboração da indústria na fabricação de produtos e embalagens, manutenção e limpeza permanentes nos canais de drenagem, e de ações de educação ambiental por parte de todos.

Aliado a isso, com a falta de coleta de lixo nas áreas de periferia, o lixo se acumula nas ruas, calçadas e bueiros. Em consequência, as águas das chuvas, num curto espaço de tempo, formam grandes enxurradas e carreiam os resíduos de lixo, que favorecidos pela força da gravidade, são direcionados para os pontos mais baixos, obstruindo os canais de drenagem de águas pluviais. As aguas se potencializando e aumentando ainda mais os volumes e a intensidade das inundações, que se fortalecem e ganham velocidade, tornando-se avassaladoras.

Os maiores prejuízos são para a população de baixa renda. É menos provável que seus ocupantes tenham seguro contra inundações, acesso ao transporte durante uma evacuação, dinheiro disponível ou capacidade de realocação, bem como substituir os bens perdidos, ou ainda, moradia alternativa.

Vazamentos tendem a crescer, porque dependem de uma série de fatores, e não estão no controle das prestadoras de serviços. Na estação chuvosa, a infraestrutura da rede de distribuição de água fica bastante exposta aos eventos extremos, especialmente às inundações, que trazem grandes volumes de águas de esgotos, resíduos sólidos e sedimentos de diversas origens.

A pressão interna das tubulações geralmente força a água para fora por meio de vazamentos. Mas quando há uma queda significativa de pressão em uma seção danificada, a água da parte externa da tubulação pode ser sugada pelo orifício, em função da pressão negativa. Estes eventos podem permitir a entrada de bactérias potencialmente perigosas no interior da tubulação e contaminar a água tratada, podendo causar sérios problemas de saúde pública.

O envelhecimento das tubulações leva a um aumento na frequência de rupturas e vazamentos, e um decréscimo na eficiência do sistema (Alvisi et al. – 2006). Segundo Hadzilacos et al. (2000), quando as tubulações tendem para o fim de sua vida útil, a falha aumenta a taxas exponenciais.

Em razão da dificuldade de encontrar dados históricos nacionais e internacionais, e científicos que relacionem chuvas extremas com eventos que causaram danos nos sistemas de abastecimento de água, num período específico, em várias partes do mundo, optou-se por fazer uma pesquisa de notícias da internet.

Na **Tabela 1**, são apresentadas algumas notícias da internet de eventos extremos, no período de 2015 a 2020, que comprometeram sistemas de abastecimento de água no Brasil e em outros Países.

ANO	TÍTULO DA NOTÍCIA	CAUSA	FONTE
2015	Uma adutora se rompeu por causa do temporal que atingiu o município.	Ruptura de Adutora	Portal G1 - Campinas e Região
2016	Adutora se rompe na Zona Norte de SP durante chuva forte	Ruptura de Adutora	Portal G1– São Paulo
2017	Prefeito decreta emergência após rompimento de adutora em Sorocaba	Ruptura de Adutora	Portal G1 - Sorocaba
2018	A falta de água continua nas áreas atingidas pelas inundações no Japão	Ruptura de Adutora	Kyodo News
2019	Chuva causa inundações e afeta estação de tratamento de água em Morro Agudo, SP	Danos nas bombas	Portal G1 - Rib. Preto e Franca
2019	Fortes Chuvas prejudicam sistema de captação de água	Paralização da captação	Portal G1 - Santos
2019	Sabesp interrompe abastecimento de água por conta das chuvas	Assoreamento na captação/turbidez	Redação Nova Imprensa
2019	Inundações atingem energia, abastecimento de água em Sangli, India	Corte de energia	Imprensa Confiança da India
2020	Chuvas causam excesso de barro no rio Una, o que interrompe captação e tratamento da Sabesp	Assoreamento na captação/turbidez	Blog do Jamildo
2020	Inundações no Mississippi inundaram um reservatório - EUA	Danos em reservatório	Nytimes
2020	Abastecimento de água é afetado por causa de chuvas em Manhuaçu, na Zona da Mata	Danos nas bombas	O Estado de Minas
2020	A Sabesp informa que as fortes chuvas da madrugada desta segunda- feira, 10, afetaram o abastecimento nos municípios de Botucatu, Joanópolis, Santos e Laranjal Paulista - SP	Ruptura de Adutora	Sabesp
2020	Unidade de captação da Copasa inunda e interrompe abastecimento de água em Conceição	Inundação da Unidade de Captação	Defatoonline/Minas Gerais
2020	Dano em Aduora deixou sem água um setor de Calderón, norte de Quito - Equador	Ruptura de Adutora	El Comercio

Tabela 1: Registros de eventos extremos 2015 a 2020 (elaborada pela autora).

Fontes: As fontes encontram-se na Revisão Bibliográfica, Fonte/Ano.

Analisando os dados da **Tabela 1**, é notório que os eventos extremos têm ocorrido com bastante frequência e intensidade, e potencializam/aceleram processos de inundações, trazendo consequências negativas para o abastecimento de água.

As notícias publicadas na internet, constantes na **Tabela 1**, embora não tenham cunho científico, conforme já descrito, são verdadeiras, e possibilitam a elaboração de importantes registros históricos para auxiliar nas análises qualitativas.

O aumento da temperatura global levou a mudanças significativas e bastante anormais nos padrões climáticos ao redor do mundo. Há uma tendência de que as inundações continuem a ocorrer e possam aumentar os índices de pobreza, em razão das perdas e prejuízos causados por esses eventos, que são vivenciados pelas classes sociais mais vulneráveis, que por falta de alternativas, vão morar nas áreas de riscos.

As inundações nas áreas noticiadas, somam um conjunto de fatores de riscos preexistentes, tornando cada vez mais difícil que as aguas das chuvas de eventos extremos e irregulares, sigam seu curso natural e sejam absorvidas pelo solo. O desenvolvimento insustentável, a falta de planejamento e de gestão das inundações dificultam a manutenção, conservação e operação das prestadoras de serviços de água nestas áreas.

2.5 Gestão de Riscos

O risco é o que não pode acontecer, é uma incerteza, e pode ser consequências positivas (oportunidades) ou negativas (ameaças), com potencial para criar ou destruir valor. É um potencial de uma situação ou evento que pode impactar a realização dos objetivos de uma organização.

O valor pode ser maximizado quando no planejamento se estabelecem objetivos e estratégias para alcançar o equilíbrio ideal entre os riscos do negócio, metas de crescimento e o retorno do investimento. Paralelamente, fazer uso de recursos de forma mais eficaz e eficiente com foco na continuidade dos negócios.

A gestão de riscos é um processo que se concentra na antecipação do que pode não ocorrer, de acordo com o que foi planejado, para que se faça implementação de ações para reduzir a incerteza a um nível de tolerância que se possa tolerar. É um processo de planejamento, organização, direcionamento, controle e monitoramento dos recursos humanos e materiais de uma organização. Em síntese, é tudo o que é

necessário para minimizar os riscos e incertezas as quais uma organização está exposta.

O risco é frequentemente descrito por um evento relacionado a uma mudança nas circunstâncias ou a uma consequência, ou ainda pela probabilidade associada de ocorrência. A probabilidade diz respeito à possiblidade de que um evento venha a ocorrer dentro de um período. A probabilidade e a consequência combinadas podem ser representadas por uma "matriz de riscos" (probabilidade x impacto), e auxiliar os tomadores de decisões na definição de quais são os melhores planos de respostas aos riscos.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2018, p.1) define o risco como "efeito da incerteza nos objetivos". E, neste sentido, gerenciar tais riscos compreende um conjunto de "atividades coordenadas para dirigir e controlar uma organização no que se refere a riscos". A **Figura 4** mostra o processo de gestão de riscos, que pode ser aplicado em todo tipo de organização.

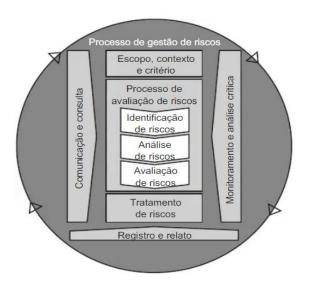


Figura 4 – Processo de Gestão de Riscos – ABNT- ISO 31000/2018

O risco é uma função da ameaça (um ciclone, um terremoto, a cheia de um rio, ou o fogo, por exemplo), da exposição de pessoas e bens a essa ameaça, e das condições de vulnerabilidade das populações e bens expostos. Esses fatores não são estáticos e podem ser aperfeiçoados, a depender das capacidades institucional e individual em enfrentar e/ou agir para redução do risco. Os padrões do desenvolvimento social e

ambiental podem ampliar a exposição e vulnerabilidade e então ampliar o risco (UNISDR, 2012). Podendo essa relação ser expressa através da equação a seguir.

Risco de Desastres = <u>ameaça * vulnerabilidade * exposição</u> resiliência

Ao se considerar as fortes mudanças ocorridas nos últimos tempos, cada vez mais complexas, principalmente relacionadas às questões climáticas, políticas, sociais e econômicas, em que fica difícil prever as ameaças futuras, a gestão de riscos passa a ser uma das mais importantes atividades. O desafio pelo equilíbrio entre a globalização e as inovações tecnológicas tem levado as organizações a reforçar e integrar os sistemas de gestão de riscos. Quanto maiores forem os riscos, sob o ponto de vista quantitativo e qualitativo, maiores serão as demandas pela gestão de riscos (RIBEIRO,2007).

A gestão de riscos é uma ferramenta essencial para o planejamento estratégico, na previsão orçamentária, na priorização das ações, para o atingimento dos objetivos e metas empresariais.

A Lei nº 13.303/2016, denominada Lei das Estatais, em seu artigo 6º, reforça a importância do tema nas atividades de empresas públicas e sociedades de economia mista, com Políticas de "Gestão de Riscos".

Art. 6º O estatuto da empresa pública, da sociedade de economia mista e de suas subsidiárias deverá observar regras de governança corporativa, de transparência e de estruturas, práticas de gestão de riscos e de controle interno, composição da administração e, havendo acionistas, mecanismos para sua proteção, todos constantes desta Lei.

Do ponto de vista operacional a gestão de riscos, dentro de uma organização, tem como principal objetivo prevenir a ocorrência falhas ou acidentes de uma forma sistematizada, por meio de uso de informações e tecnologias capazes de buscar informações multidisciplinares internas e externas, que permitam mostrar os cenários de riscos onde a empresa opera, para reduzir custos, despesas e os valores de prêmios de seguro, aumentar a credibilidade junto às partes interessadas e, ao mesmo tempo, contribuir para a continuidade dos negócios" (RIBEIRO, 2007)

No que diz respeito aos aspectos de gerenciamento dos riscos e controle de inundações, integrado às ações de prevenção e mitigação das enchentes, passam a compor os planos urbanos de gerenciamento das cidades de forma a minimizar os impactos futuros. A abordagem do gerenciamento de inundações, com foco principal na redução do risco, está em destaque na Europa, considerando que as mudanças estabelecidas por meio da alteração do clima, do adensamento populacional e uso do solo, tornaram menos eficazes os métodos de defesa até então praticados (MIGUEZ et al. 2012).

No Brasil as ações de prevenção e mitigação de inundações também estão nos planejamentos municipais, mas muito aquém de serem cumpridos na sua íntegra, principalmente nas cidades com maiores índices de população, como São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo.

2.5.1 Gestão de Riscos Operacionais

O Risco Operacional, para as prestadoras de serviços de água e esgotos, está relacionado à interação dos fatores predisponentes que incluem: tecnologia (sistemas e equipamentos); pessoas (falhas humanas); processos (normas e procedimentos ultrapassados / inexistentes); e o meio físico, biótico e antrópico, podendo ocorrer desde a etapa da "captação de água" até a "disposição final do efluente tratado" nos cursos d'água.

No setor de abastecimento de água, o "risco operacional" faz parte do processo central da organização, porque é o que faz a roda girar e produzir a água, que é o produto principal, enquanto que os outros, igualmente importantes, fornecem as diretrizes e suportes necessários. Sendo assim, o risco operacional passa a ser o mais desafiante para as prestadoras de serviços de abastecimento de água, sendo essencial para a "continuidade do negócio".

O "risco operacional" é inerente ao negócio e impõe altos compromissos e responsabilidades. A materialização de um risco operacional (falha ou acidente) pode causar grandes acidentes, trazer danos generalizados, cortar o fornecimento de água por horas ou até mesmo por dia. Um dos acidentes mais graves são os arrebentamentos de adutoras, que podem se potencializar se ocorrerem em locais de

densidade populacional alta, trazendo consequências difíceis de serem avaliadas e passíveis de indenizações.

A Gestão de Riscos Operacionais deve ser um processo continuo, ter como base com base na norma ABNT ISO 31000/2018 – Princípios e Diretrizes. Estar em constante desenvolvimento e aperfeiçoamento em atendimento aos objetivos estratégicos empresariais e ter os riscos mapeados por processo, em todas as suas etapas de forma a garantir a credibilidade, segurança e confiabilidade operacional.

2.6 Mapeamento de Áreas de Risco

Áreas de risco, nesta proposta, diz respeito a regiões onde "não é recomendada" a construção de moradias por ficarem expostas a processos de inundações.

O mapeamento de áreas de risco auxilia na visualização de dados para comunicar riscos específicos. São mapas temáticos, porque podem ser elaborados com inúmeras finalidades e necessidades. São conhecidos também como "mapa de calor", bastante utilizados para identificar e classificar os níveis de riscos nas áreas mapeadas.

O objetivo de um mapa de risco é melhorar a compreensão sobre seu perfil e apetite de risco, esclarecendo como se pode agir num determinado espaço e o impacto dos riscos, de forma a melhorar os métodos identificação, análise, avaliação e as ações necessárias para mitigar os riscos.

Para Marcelino et al. (2006), o mapeamento de áreas de risco é um dos instrumentos de análise de risco mais eficiente, pois a partir deste mapa é possível elaborar medidas preventivas, planificar as situações de emergência e estabelecer ações conjuntas entre a comunidade e o poder público, com o intuito de promover a defesa permanente contra os desastres naturais. As medidas preventivas estão associadas à identificação das áreas com maior potencial de serem afetadas, onde são hierarquizados os cenários de risco e a proposição de medidas corretivas.

A avaliação e hierarquização das situações de risco servem de base para a gestão das áreas de risco que devem estar inseridas nas políticas de desenvolvimento urbano. Entendendo-se como gestão as ações para a identificação da tipologia do

processo, o mapeamento das áreas de risco, o monitoramento e as medidas estruturais e não estruturais que podem ser adotadas (BRASIL, 2007).

2.6.1 Mapa de Áreas de Riscos de Inundação

O mapa de áreas de riscos é um elemento crucial da gestão do risco de inundação. É uma ferramenta essencial para evitar ou minimizar os danos causados, bem como a extensão e os níveis de água esperados para as regiões com os eventos extremos.

Também é útil para o estabelecimento de zonas de risco, o uso do solo, localização das construções nas margens de rios e córregos, população potencial, equipamentos e infraestruturas, atividades econômicas envolvidas e o meio ambiente (mancha) em risco potencial de inundação, e também para preparar e responder a inundações. As áreas atingidas podem usar o mapa e, assim, os dados gerados para identificar as áreas de risco, as rotas de evacuação mais seguras, e também na atualização do plano de resposta.

Brasil (2007), a partir do programa de capacitação de técnicos e Gestores Municipais no Mapeamento e Gerenciamento de Riscos de Deslizamentos em Encostas e Inundações exemplifica uma metodologia para mapeamento de áreas de risco, elaborado pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT- da seguinte forma:

- a) Identificação e delimitação preliminar de área de risco a partir de fotos aéreas de levantamentos aerofotogramétricos, imagens de satélite, mapas e/ou outro material disponível que possua a escala de trabalho compatível;
- b) Identificação de área de risco e de setores de risco (setorização preliminar)
 em fotos aéreas de baixa altitude (quando existir);
- c) Após a identificação de área de risco, faz-se o levantamento de campo para análise mais detalhada dos processos hidrológicos ocorrentes, vulnerabilidade das moradias e periculosidade da área ocupada, a partir do preenchimento da ficha de cadastro e uso de fotos de campo.

Enomoto (2004), o mapeamento de áreas de risco de inundação é uma ferramenta auxiliar muito poderosa no controle e prevenção de inundações. Estes mapas deveriam ser a base para todos os programas de redução de danos, pois

frequentemente têm uma importância legal em termos de zoneamento e outras medidas não estruturais (FRIESECKE, 2004).

De acordo com Tucci (2003), os mapas de inundação podem ser de planejamento e de alerta. Os mapas de planejamento definem as áreas que serão afetadas por cheias de tempo de retorno estabelecido. Já os mapas de alerta são preparados a partir de valores de cotas em cada ponto de controle, permitindo o acompanhamento da evolução da enchente pelos moradores, a partir de observações da elevação do nível da água em relação régua linimétrica.

Uma parte fundamental dos mapas é fornecer, para as autoridades locais e parceiros, dados, ferramentas e orientação sobre as ações de gestão de risco em áreas de inundação. O compartilhamento de dados de risco de inundação apoia autoridades locais, para que a questão possa ser avaliada e gerenciada.

2.7 Geoprocessamento

Parte integrante do Geoprocessamento, destaca-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG), cuja origem se deu com o avanço computacional a partir da década de 1950, sendo desenvolvido na Universidade de Harvard, em 1970, o primeiro projeto em SIG, com a produção de mapas de declividade. Mas, foi em 1980, que diversas instituições começam a trabalhar e desenvolver projetos em várias áreas do conhecimento. O SIG teve sua origem no CAD (Cartografia Assistida por Computador), porém, são tecnologias distintas, onde a primeira utiliza informações geográficas e a segunda permite a elaboração de desenhos (DIAS, 2008).

O geoprocessamento é uma tecnologia interdisciplinar e representa a área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas (RIBEIRO, 2007).

O uso de geoprocessamento como metodologia de pesquisa ambiental, apresentam procedimentos analíticos denominadas avaliações ambientais, para áreas de riscos de enchentes, necessários à obtenção de informações confiáveis para o apoio à tomada de decisão quanto ao controle ambiental. As estimativas de riscos fornecem áreas sujeitas ao processo de inundações e o uso de geoprocessamento permite estimar áreas com altas possibilidades de enchentes (BERGAMO, 1999).

2.8 Sistema de Informações Geográficas - SIG

Com a crescente ameaça de eventos hidrológicos mais frequentes e intensos envolvendo inundações, há necessidade de usar e aplicar ferramentas de última geração para gestão de risco de inundações.

Com a disponibilidade de dados geoespaciais e informações de dados de pluviometria, topografia, uso do solo, solo e vazão, o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) tornou-se essencial para modelagem e mapeamento de inundações.

"O conceito de SIG foi desenvolvido nos anos 60, como um método de sobrepor e combinar diversos tipos de dados em um mesmo mapa. Tais dados são dispostos em camadas u 'planos de informação'" (SILVA, 2003).

Conforme Aronoff (1989) e Davis Junior e Fonseca (1996), os SIGs apresentam em sua estrutura quatro componentes básicos:

- entrada de dados: feita a partir de várias fontes, entre as quais dados vetoriais e matriciais (*raster*) provenientes de fotos aéreas, dados alfanuméricos georreferenciados em papel ou formato digital e dados provenientes de imagens;
- b) gerenciamento de dados: este sistema é conhecido como SGBD Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados ou DBMS - Data Base *Managment* System. Quanto ao modelo de armazenamento e busca de informações, os SGBDs são classificados em: sequencial, hierárquico, de rede, relacional e orientado a objetos.
- c) manipulação e análise de dados: a análise de dados geográficos utiliza técnicas de processamento que lidam com estruturas do tipo matricial tanto quanto com estruturas do tipo vetorial.
- saída: inclui programas para exibição de mapas, gráficos e informações alfanuméricas em impressora, tela do computador, traçador gráfico, unidades de disco magnético, disquetes, entre outros.

Os SIGs são ferramentas computacionais para Geoprocessamento que permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados (BURROUGH e MCDONNELL, 1998).

3. ROTEIRO CONCEITUAL PARA ELABORAÇÃO DE UM MAPA DE ÁREA DE RISCO DE INUNDAÇÃO

Neste capítulo é apresentado um roteiro básico com as principais etapas a elaboração de mapa de área de risco de inundação, específica para o setor de prestação de serviços de abastecimento de água e coleta de esgotos.

a) Características da área

Com base na delimitação de uma área de risco de inundação, é possível analisar suas características e conhecer suas vulnerabilidades.

Acrescenta-se que, o processo de ocupação do solo, efetuado de forma inadequada e desordenada, provoca alterações nas condições do meio físico, biótico e antrópico. As obras acarretam interferências no fluxo natural das águas pluviais. Os cursos d'água desempenham um importante papel na manutenção da vegetação. Eventuais intervenções nas áreas urbanas, especialmente na retilinização e canalizações de córregos tem se mostrado bastante problemáticas, potencializando os impactos negativos para a população.

Neste sentido, é importante idenficar os tipos de construções próximas às margens dos rios e córregos; padrão de edificações; densidade ocupacional; taxa de impermeabilização do solo; existência de infraestrutura básica de pavimentação e sistema de drenagem de águas pluviais, bem como esgotamento sanitário; depósitos de entulhos e outros tipos de resíduos, dentre outros.

O conhecimento de obras e intervenções passadas, auxilia na compreensão dos efeitos no presente e pode mostrar soluções. Para auxiliar esta etapa, recomenda-se fazer consulta em documentos oficiais como os de Planejamento Estratégicos do município, o Plano Diretor de Manejo de Aguas Pluviais (PMAD), bem como visualizar imagens antigas por meio do *Google Maps*, bastando instalar por exemplo, o *Google Street Viw.*

Ter informações de forma antecipada dos problemas, e de forma mais detalhada da área, pode fornecer os elementos necessários para a elaboração de ações de

prevenção e respostas que evitar e mitigar riscos nas redes de abastecimento de água que ficam nessas áreas.

b) Dados histórico de interrupções e falhas

Nesta etapa, o uso do SIG – Sistema de Informações Geográficas, torna-se fundamental para o georeferenciamento de interrupções e falhas na elaboração de um mapa temático de falhas, que pode ser utilizado por meio do RGI – Registro Geral do Imóvel.

Conhecer as falhas/eventos passados é como um olhar no retrovisor. E com base no levantamento, verificar se é possível saber quais foram seus fatores indutores, a fim de saber quais são os elementos que tornam a infraestrutura mais frágil nas áreas de riscos de inundações.

c) Dados de pluviometria

Os dados de pluviometria são necessários para o conhecimento histórico de eventos numa determinada área ao longo de um período, para a identificação da área de vulnerabilidade, podendo-se utilizar o volume acumulado mensal ou, especificamente num período de 24 horas.

Para subsidiar ações preventivas, emergenciais e mitigadoras em áreas de riscos de inundações, pode se contar com o Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas (CEG) e Sistema de Alerta de Inundações do estado de São Paulo (SAISP). De acordo com Barros (1999): "o SAISP foi desenvolvido para dar suporte às entidades e empresas envolvidas com operações diversas ligadas às chuvas e/ou cheias. "Basicamente são empresas que operam reservatórios e outras obras hidráulicas, entidades de defesa civil que trabalham no atendimento da população, empresas de controle de tráfego (veículos, aviões, etc.). Além disso, os Planos Municipais também têm os pontos de inundações mapeados bem como os Planos de Contingências contra Inundações que podem muito uteis.

De acordo com a CET (2020): O CGE (Centro de Gerenciamento de Emergências),

órgão da Prefeitura responsável pelo monitoramento das condições meteorológicas na cidade, disponibiliza informações sobre alagamento em seu website, por meio de dados fornecidos pela Companhia de Engenharia de Tráfego – CET.

Embora a CET faça referência a "alagamentos", as informações também incluem os pontos de inundações.

As informações podem proporcionar uma correlação entre informações de pluviosidade e pontos de inundação para identificar os pontos mais críticos e frequência.

d) Mapa da rede de distribuição de água

Muitas empresas de saneamento já tem o cadastro de suas redes nos Sistemas de Informações Georreferenciados - SIGs. A Sabesp, por exemplo tem o SIGNOS, desde 2005. O SIGNOS dispõe de uma tecnologia que mapeia instalações subterrâneas. Trata-se do Sistema de Informações Geográficas no Saneamento (SIGNOS). De acordo a Sabesp, 2016: A ferramenta funciona como um banco de dados da Companhia, contendo um mapa digital das estruturas de saneamento da empresa, que são rastreadas pelo uso de outra tecnologia – o GPS NTRIP. Com isso, é possível, por exemplo, saber onde se encontra um registro ou uma rede, além de rastrear a localização dos imóveis atendidos pela Sabesp e quais serão afetados durante uma manutenção. São quase dois milhões de documentos técnicos registrados (SABESP,2016).

O Signos detém e agrega informações multidisciplinares, e pode ser acessado por todos os profissionais da empresa, de acordo com cada necessidade.

e) Tratamento dos dados no SIG - Sistema de Informações Georefenciadas

Aqui faz-se o uso do Sistema de Informação Geográfica - SIG, que possibilita a geração de mapas temáticos (**Figura 5**) com inserção das informações alfanuméricas e espaciais, e tratamento dos dados capturados de outras ferramentas.

Os SIGs possuem imagens aéreas e de satélite, que fazem a captura, armazenamento, transformação, análise e estrutura de informações. Além disso, podem interagir com ferramentas organizacionais com aplicação via *web*, de características diversificadas e atender diversos processos. Além disso, tem a capacidade fazer a interoperalidade, que é a capacidade de dois ou mais sistemas trocarem informações entre si e usarem a informação intercambiada.

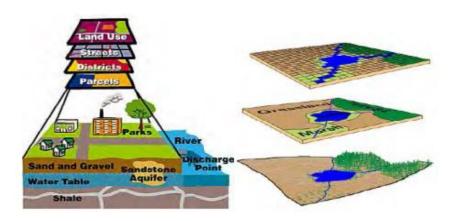


Figura 5: Representação da organização de um SIG (Fonte: http://www.gis.com).

f) Desenvolvimento

A associação de modelagem e simulação com os dados, com tratamento dos dados de entrada no SIG, constituem numa ferramenta valiosa na análise e consistência das informações Georreferenciadas para o desenvolvimento do mapa aqui proposto. Por meio da associação das condicionantes aqui apresentadas, associadas às técnicas de gestão de riscos e às ferramentas de modelagem e simulação, é possível gerar o mapa de risco de inundação e, dessa forma, obter os cenários de riscos.

g) Planejamento das Ações

O Planejamento das ações tem por objetivo fazer o tratamento do risco, levando-o o até um nível em que o benefício exceda os custos, ou seja, do ponto de vista de custo-benefício, precisa ser compensatório. No entanto, precisa ser compatível com o planejamento e objetivos estratégicos da organização.

Num primeiro momento, é necessário fazer dos controles, planos de ações, de contingencia e de emergência existentes, e fazer uma análise crítica.

Contudo, é imprescindível que se tenha um bom programa de gestão de riscos com um módulo específico para o risco operacional em áreas de inundação, onde se tenha alguns requisitos mínimos, tais como:

- ✓ Ser capaz de fazer o gerenciamento das informações de forma "automática", a partir da inserção de informações, com base nas sazonalidades, e ter sistemas de alertas, como semáforos, por exemplo, que avisam com razoável antecedência as mudanças de cenários;
- ✓ Possibilitar o acompanhamento dos prazos de planos de ações, no que se refere à eficiência e eficácia dos controles existentes e a necessidade da implementação de novos controles e novas ações, bem como fazer notificações;
- ✓ Enviar diariamente aos responsáveis dos planos e controles, informações sobre o andamento das ações, com recomendações e avisos importantes;
- ✓ Ter anexados, módulos auxiliares, conectados via web com programas internos e externos para capturar informações importantes tais como (pluviometria, pontos de inundações);
- ✓ Emitir gráficos, relatórios gerenciais, bem como ser capaz de ler documentos de diversos programas e plataformas, mostrando a atualização dos níveis de riscos;
- ✓ Ser conectado ao banco de gestão de ativos, com dados completos, organizados e atualizados com as informações de substituição e reposição/reabilitação de tubulações. A Lei Federal do Saneamento Básico nº 11.445/07 e o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) que provêm a universalização dos serviços do saneamento básico até o ano de 2033, já sinalizavam a gestão de ativos, que foi fortalecida com a NBR ISO 55000, com ênfase no nível de exposição ao risco.

O programa pode auxiliar a gestão de riscos e o planejamento das ações nas áreas de inundações, com as medidas de prevenção (probabilidade) e de correção (redução do impacto). É de fundamental importância ter um plano de ação específico de

reabilitação das tubulações nas áreas de inundações, o que também envolve o reforço das infraestruturas existentes.

O conhecimento antecipado dos pontos de vulnerabilidades da infraestrutura em áreas de riscos de inundações, de forma estruturada, pode auxiliar os gestores no planejamento e priorização de ações de adaptação e resiliência de seus componentes aos efeitos das alterações climáticas, na redução de custos e despesas.

h) Fluxo das principais etapas

A **Figura 6** demonstra o fluxo das principais etapas do roteiro.

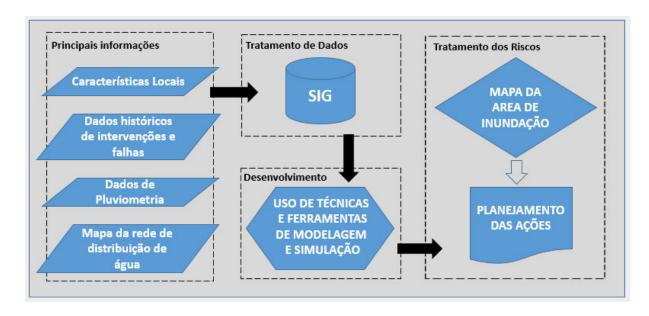


Figura 6: Representação das principais etapas do roteiro (Elaborada pela autora)

4. ESTUDO DE CASO

Neste capítulo é apresentado da aplicação conceitual do método aqui proposto, com um exemplo real de uma chuva extrema, ocorrida no dia 10 de fevereiro de 2020, que causou muitos transtornos, dentre os mesmos: inundações; pontos de alagamentos; queda de árvores; interrupção e redução de velocidades de linhas do metrô e interdição das Marginais Pinheiros e Tietê.

Para a elaboração deste estudo de caso foram utilizadas as seguintes condicionantes: a) Contextualização da área; b) Histórico de Intervenções; c) Dados de Pluviometria; e d) Simulação do Mapa de Riscos Operacionais em áreas de inundações. Na sequência foi elaborada a análise do resultado.

Embora o estudo de caso seja conceitual e ilustrativo, o objetivo foi fazer uma demonstração de aplicação prática do roteiro aqui apresentado, com a combinação de condicionantes e que tem uma relação de dependência entre si, à luz da proposta deste trabalho, com o uso do mapa de inundações como ferramenta de gestão de riscos, para as ações necessárias, que venham a fortalecer a infraestrutura das redes de distribuição de água.

a) Contextualização da área

A área situa-se na porção nordeste da Região Metropolitana de São Paulo, (**Fotografia 2**), com latitude: 23 ° 29'12.01"S e longitude: 46° 39'51.67"W e está inserida no Bairro de Casa Verde Alta, tendo como bairros limítrofes o bairro do Mandaqui, Vila Espanhola, Jardim Ibéria e Vila Bandeirantes.

São bastante frequentes as inundações noticiadas pela mídia sob a Ponte da Casa Verde, e podem ter origem da soma de fatores de riscos tais como: Rebaixamento da pista para permitir a passagem de caminhões mais altos; Refluxo que é o retorno das águas de chuvas, em função de entupimento de canais de drenagem que direcionam as águas para o rio, que também não ter sido projetadas para atender as demandas; impermeabilização do solo; além de outros.

Cabe destacar que nesta proposta está sendo considerada uma área nas margens do rio tietê, e sem levar em consideração a bacia hidrográfica em que a área está

inserida, em razão da complexidade de dados que teriam que ser levantados e analisados.

A Fotografia 2 ilustra o local, mostrando que se trata de uma área bastante adensada.



Fotografia 2: Local do evento:

Fonte: Google

A escolha do local se deu por suas peculiaridades e, principalmente, por ser uma área com infraestrutura urbana completa e consolidada (**Fotografias 3 e 4**).



Fotografia 3 – Inundação sob a Ponte Cada Verde.

Fonte: G1- São Paulo, 2020.



Fotografia 4 – Vista da inundação do Rio Tietê e Ponte Casa Verde.

Fonte: G1- São Paulo, 2020

b) Histórico de Intervenções

Foi elaborada uma pesquisa do histórico de intervenções e falhas na rede de distribuição de água da área delimitada, de acordo com os logradouros presentes na **Figura 7**, num período específico (dezembro a abril) entre os anos de 2011 a 2020 (dez anos) e portanto, antes da ocorrência do evento (10 de fevereiro de 2020) que foi uma chuva extrema. Em seguida, os dados foram colocados no gráfico utilizando programa Excel. Também foram definidos os seguintes logradouros: Rua Dr. Melo Nogueira, Rua Luciano Prata, Rua Domingos Fasolari, Rua Zara, Rua Anita Mafatti, Rua Zanzibar e Rua Iapó.



Figura 7 – Gráfico das Intervenções nas Redes de Distribuição (2011 a 2020)

Fonte: CSI - Sabesp

c) Dados de Pluviometria

Foram utilizados dados de pluviometria, resultantes do acumulado em 24 horas, do ponto mais próximo do local em que se dá a inundação, se atentando para a extensão da mancha da inundação por estarem diretamente relacionadas aos bens patrimoniais atingidos.

O Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) registrou hoje (10) 123 milímetros de precipitação na estação do Mirante de Santana, zona norte da capital paulista, conforme demonstra a **Tabela 2** e **Figura 8**, o segundo maior volume de chuva em São Paulo para um mês de fevereiro, em 24 horas, em 77 anos.

Maiores acumulados de precipitação em 24 horas registrados em São Paulo (Mirante de Santana) por meses (INMET, 1945-presente)[7][15]					
Mês	Acumulado	Data	Mês	Acumulado	Data
Janeiro	127,4 mm	12/01/1949	Julho	123,6 mm	05/07/2019
Fevereiro	123 mm	10/02/2020	Agosto	53,2 mm	24/08/1953
Março	106,2 mm	11/03/1994	Setembro	78,1 mm	09/09/2009
Abril	82,1 mm	07/04/2017	Outubro	72,7 mm	07/10/1991
Maio	140,4 mm	25/05/2005	Novembro	103,2 mm	27/11/1950
Junho	89,6 mm ^[16]	27/06/2020	Dezembro	151,8 mm	21/12/1988

Tabela 2 – Maiores acumulados em 24 horas registrados em São Paulo Fonte: INMET, 2020

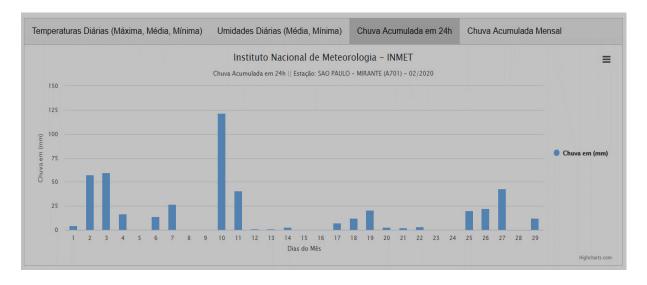


Figura 8 Maiores acumulados em 24 horas registrados em São Paulo Fonte: Mirante (A701): https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A771

d) Mapa da Rede de Distribuição de água

A **Figura 9** mostra a área de estudo, com as redes de distribuição de água, conforme os logradouros elucidados na **Figura 7**.



Figura 9 – Mapa da rede de distribuição de água Fonte: SIGNOS – Sabesp

e) Simulação do Mapa de Riscos Operacionais em áreas de inundações

Com os históricos das intervenções, somadas ao local identificado com susceptibilidade a inundações e escolha de um evento extremo (volume de chuvas acumuladas nas últimas 24 horas) procedeu-se o cruzamento das informações, chegando à mancha (**Figura 10**) com o mapa de vulnerabilidade.

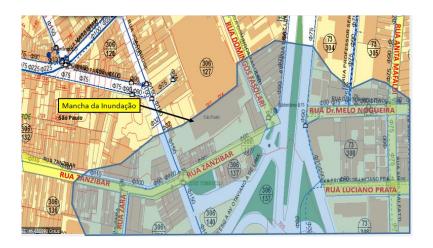


Figura 10 – Mapa da rede de distribuição de água Fonte: SIGNOS – Sabesp

f) Análise dos resultados

As condicionantes aqui escolhidas foram fundamentais para mostrar a aplicabilidade desta proposta.

O gradativo aumento de intervenções, ao longo do período estudado, indica um processo de vulnerabilidade na infraestrutura da rede de abastecimento de água da área de estudo, que é reforçado por estar em área de risco de inundação, sinalizando a necessidade de obras de substituição e reabilitação das tubulações.

A metodologia utilizada mostra-se eficiente na elaboração de mapa de área de risco de inundação, podendo ser utilizada na sua integridade, conforme propõe o roteiro.

No entanto, poderá ganhar muito mais valor, se forem acrescentadas as características da bacia hidrológica, bem como dados censitários; histórico da profundidade e extensão das inundações associado a mapa de declividade; informações sobre as ações estruturadas e não estruturadas de mitigação dos riscos existentes; e medidas de controle/monitoramento de inundações, dentre outras condicionantes.

Os resultados mostram que é preciso investir constantemente na expansão da infraestrutura para atender novas demandas, mas especialmente em pesquisas de soluções inovadoras, principalmente para nas áreas de vulnerabilidade a processos de inundações.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O roteiro aqui proposto pode ser aplicado em uma situação real. A metodologia e seus componentes mostram-se simples, práticos e aplicáveis, desde que se disponha das ferramentas tecnológicas. A combinação de técnicas de gestão de riscos, das ferramentas e elementos podem auxiliar na antecipação de ações de mitigação de riscos.

Vale ressaltar que, as alterações climáticas não respeitam as fronteiras ambientais, com um futuro que sinaliza muitas ameaças ao planeta, onde os eventos extremos de chuvas são um dos maiores deflagradores de processos de inundações, cada vez mais frequentes, especialmente nas áreas urbanas, torna-se imperativa a atenção com a infraestrutura da rede de distribuição de água. A situação fica ainda mais dramática em áreas de maior densidade populacional, o que também impõe maior prioridade sobre as ações emergenciais.

Fica bastante evidente a necessidade de inovações na infraestrutura de abastecimento de água, para que se tornem mais resilientes, mais seguras e com maior tempo de vida útil. Ao mesmo tempo, as novas infraestruturas precisarão ser projetadas com maior complexidade, tecnologias renováveis e de preferência dentro de uma viabilidade econômica sustentável, para se lidar com as incertezas futuras.

Espera-se que a adoção do roteiro aqui proposto, possa servir de base para ações de planejamento na redução da probabilidade e o impacto dos efeitos das inundações sobre a infraestrutura das redes de abastecimento de água, e que também tenham um enfoque na redução do impacto ambiental e social.

A aplicação desta pesquisa fica mais fortalecida se contar com um programa bem estruturado de segurança das operações, aliada a uma ferramenta específica de gestão de riscos operacionais, com foco na eficiência, e que também envolva os sistemas de esgotamento sanitário.

Esta pesquisa foi um agregado valoroso na formação profissional da autora no tema estudado, e embora não abarque todas as possibilidades e métodos possíveis para fazê-la mais completa, mas faz uma síntese das principais etapas, fundamentais para atingir os objetivos aqui propostos e finalizar mais esta pequena jornada acadêmica.

REFERÊNCIAS

ABES. Perdas em sistemas de abastecimento de água: diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate. [S.I.], 2013. 45 p. Citado 5 vezes nas páginas 19, 27, 38, 39 e 87.

ABNT. **Gestão de Riscos – Diretrizes. NBR ISO 31000.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2018.

Agência Brasil, 2020. **São Paulo tem segundo maior volume de chuva para o mês de fevereiro.** disponível em:https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-02/volume-de-chuva-em-sao-

paulo#:~:text=Atualizado%20em%2010%2F02%2F2020,24%20horas%2C%20em% 2077%20anos. Acesso em 19 de agosto de 2020.

ANA. Agência Nacional de Águas. Uso múltiplos - Prevenção de inundações.

ALVES, L.M.; MARENGO, J.A.; CASTRO, C.A.C. Início das chuvas na região Sudeste do Brasil: análise climatológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12, 2002, Foz do Iguaçu.

ALVISI, S.; FRANCHINI, M. Rehabilitation, repairing and leakage detection optimization in water distribution systems. Water Distribution Systems Analysis Symposium, Cincinnati, August 2006. p.1, 2.

ARONOFF, S. Geographic Information Systems: a management perspective. Ottawa, Canadá: WDL ed., 1989. 294 p.

BÁGGIO, M. A. **Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água.** 2. ed. Brasília, 2014. 172 p. Citado 4 vezes nas páginas 36, 43, 44 e 89.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. **Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana.** RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 1, p. 29-49, 2002.

BARROS, Mario Thadeu Leme. Sistema de Alerta a Inundações da Região Leste do Estado de São Paulo. REVISTA ÁGUA e ENERGIA - Abril/1999.

BERGAMO, R. B. A. Diagnóstico ambiental no município de Mangaratiba, RJ: uma análise por geoprocessamento. 1999. 237 f. Dissertação (Mestrado em Geologia de Engenharia e Ambiental) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BLOG DO JAMILDO (2011) **Abastecimento d'água comprometido**, disponível em: https://blogs.ne10.uol.com.br/jamildo/2011/05/05/abastecimento-dagua-comprometido/, acesso em: 02.02.20.

BRASIL - Casa Civil. **Lei nº 13.303, de 30 de junho de 2016**. Estatuto Jurídico da Empresa Pública, da Sociedade de Economia Mista e de suas Subsidiárias.

BRASIL. Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990. **Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 set. 1990. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L8078.htm>. Acesso em: ago. 2006.

BRASIL. Lei No. 9.984, de 9 de julho de 2000. **Criação da Agência Nacional das Águas**-ANA. Brasília, Brasil. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil-03/leis/L9984.htm. [Acesso em: 13.01.2020.

BRASIL. 2007. *Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios.* Instituto de Pesquisa Tecnológica, Ministério das Cidades. Brasília, Brasil.

BRASIL. Sistema nacional de informações sobre saneamento: Diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2013. Brasília, 2014. 181 p. Citado 3 vezes nas páginas 26, 38 e 43.

BURROUGH, P. A.; McDONNELL, R. A. **Principles of geographical information systems.** Oxford: Oxford University Press, 1998

CENAPRED – Centro Nacional de Prevención de Desastres. Secretaria de Governacion. **Inundaciones.** México: CENAPRED, 2007, 56 p. (Serie Fascículos). Disponível em: http://www.acapulco.gob.mx/proteccioncivil/fasiculos/Fasc._Inundaciones_2007_a.pdf. Acesso em: 20 mar. 2010

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS e PESQUISAS SOBRE DESASTRES. 2011. *Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Minas Gerais*. CEPED UFSC. Florianópolis, Brasil.

CET – Companhia de Engenharia de Tráfego (2020). **Trânsito agora**. Disponível em: http://cetsp1.cetsp.com.br/monitransmapa/agora/ajuda.htm. Acesso em 25 de fevereiro de 2020.

CHAMA NETO, P.J.Tubos de concreto: projeto, dimensionamento, produção e execução de obras, 1.ed.São Paulo, 2004.116p.

CHAMA NETO P. J. Redes de distribuição de água. In: Tsutiya, M.T. **Abastecimento de água.** 2° Ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005. p. 431 – 438.

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.

COELHO, S. T.; LOUREIRO, D.; ALEGRE, H. Modelação e Análise de Sistemas de Abastecimento De Água. [S.I.]: IRAR E LNEC, 2006.

DAVIS JUNIOR, C. A; FONSECA, F. T. **GIS - fundamentos. In: GIS BRASIL** 96, 1996, Brasília, DF. Anais... Brasília: SAGRES Ed., 1996. 102 p.

DEFATOONLINE, 2020 – Unidade de captação da Copasa inunda e interrompe abastecimento de água em Conceição, disponível em:

https://defatoonline.com.br/unidade-de-captacao-da-copasa-inunda-e-interrompe-abastecimento-de-agua-em-conceicao/ - acesso em 26.02.2020.

DIAS, C. Mapeamento do Município de Pires do Rio - GO: Usando técnicas de geoprocessamento. 2008. 187 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

DIAS, M.A.F.S. **Eventos climáticos extremos**. Revista USP, São Paulo, n. 103, p. 33-40, ago. 2014.

ECODEBATE,2020 - Dados de estações meteorológicas comprovam aumento de eventos climáticos extremos em São Paulo, Texto: Herton Escobar – Jornal da USP, Disponível em: https://www.ecodebate.com.br/2020/03/02/dados-de-estacoes-meteorologicas-comprovam-aumento-de-eventos-climaticos-extremos-em-sao-paulo/, acesso em 31.03.2020.

EL COMERCIO, 2020 - Daño en una tubería dejó sin agua a un sector de Calderón, norte de Quito, disponível em:

https://www.elcomercio.com/actualidad/lluvias-tuberia-agua-calderon-quito.html, visto em 30.03.2020.

ENOMOTO, C. F. **Método para elaboração de mapas de inundação estudo de caso na bacia do rio Palmital, Paraná**. Curitiba. 122 f. Dissertação (Mestrado em Eng de Recursos Hídricos). Universidade Federal do Paraná. 2004.

FRIESECKE, F. Precautionary and Sustainable Flood Protection in Germany – Strategies and Instruments of Spatial Planning. Proceedings of 3rd FIG Regional Conference, Jakarta, 2004. Proceedings... Jakarta: 2004.

GREENPEACE BRASIL, 2020 – **São Paulo em uma emergência climática** – Disponível em: https://www.greenpeace.org/brasil/blog/sao-paulo-em-emergencia-climatica/: acesso em: 31.03.2020.

GRILO, R. C. A precipitação pluvial e o escoamento superficial na cidade de Rio Claro/SP. 1992. 103 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1992.

G1 PORTAL GLOBO, 2016, Adutora se rompe na Zona Norte de SP durante chuva forte, disponível em: http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2016/01/adutora-se-rompe-durante-chuva-forte-e-ameaca-casas-na-zona-norte-de-sp.html, consulta em 22 de fevereiro de 2020.

G1 PORTAL GLOBO, 2017. **Prefeito decreta emergência após rompimento de adutora em Sorocaba, disponível em:** http://g1.globo.com/sao-paulo/sorocaba-jundiai/noticia/2017/02/prefeito-decreta-emergencia-apos-rompimento-de-adutora-emsorocaba.html, visto em 13.03.2020.

GI – PORTAL GLOBO,2020 - **Chuva causa inundações e afeta estação de tratamento de água em Morro Agudo, SP**, disponível em: https://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/noticia/2020/01/09/chuva-causa-inundacoes-e-afeta-tratamento-de-agua-em-morro-agudo-sp.ghtml, acesso em: 13.01.2020.

<u>G1 - PORTAL GLOBO, 2019 – Fortes Chuva prejudicam sistema de captação de</u> **água e Sabesp pede uso "racional"** – disponível em:

https://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2019/02/17/fortes-chuvas-prejudicam-sistema-de-captacao-de-agua-e-sabesp-pede-uso-racional.ghtml, acesso em: 19.02.20.

G1 – São Paulo, 2020 - Chuva faz rios transbordarem, causa dezenas de alagamentos e trava São Paulo, disponível em: https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2020/02/10/temporal-causa-alagamentos-em-sao-paulo-nesta-segunda-feira.ghtml, acesso em 04.05.2020

HADZILACOS, T. et al. . , 2000 -UtilNets: a water mains rehabilitation decision-support system. Computers, Environment and Urban System. Elsevier Science 2000. p 217, 218.

INMET (1 de julho de 2020). «SÃO PAULO CAPITAL, BALANÇO DE JUNHO DE 2020» disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Clima da cidade de S%C3%A3o Paulo, consulta em 18.08.2020.

HORA, S. B. da & R. L. GOMES. 2009. "Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do município de Itabuna/BA". Sociedade & Natureza, 2(21): 57-75. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/sn/v21n2/a05v21n2.pdf. [Acesso em: 25.04.2020.

IMPRENSA CONFIANÇA DA INDIA,2019 - Inundações atingem energia, abastecimento de água em Sangli, Kolhapur em Maharashtra — Disponível em: https://www.indiatoday.in/india/story/floods-hit-power-water-supply-in-sangli-kolhapur-in-maharashtra-1578930-2019-08-09, acesso em 01.01.2020.

INMET – INSTITUTO C NACIONA DE METEOROLOGIA – **BOLETIM CLIMATOLÓGICO SÃO PAULO: BALANÇO DO VERÃO E PROGNÓSTICO PARA**

O OUTONO 2020 – Disponível em

:http://www.inmet.gov.br/portal/notas_tecnicas/2020/BoletimSP_%20verao_prog_out ono_2020.pdf : Acesso em 15.03.2020.

INPE – Instituto Naconal de Pesquisas Espaciais, 2020 - **Estudo revisa as tendências de chuvas extremas e desastres na Região Metropolitana de São Paulo** – Artigo completo: Disponivel em: http://www.ccst.inpe.br/estudo-revisa-as-tendencias-de-chuvas-extremas-e-desastres-na-regiao-metropolitana-de-sao-paulo/, acesso em 03.03.2020.

IPCC – Intergovernmental Panel in Climate Change (2014) Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Edited by C. B. Field et al. Cambridge/New York, Cambridge University Press/ IPCC, 2014. MAGRIN, G. O.

JORNAL DA USP, 2020. Dados comprovam aumento de eventos climáticos extremos em São Paulo: Número de tempestades registrado nos últimos 20 anos já é maior do que nas seis décadas anteriores Reportagem Helton Escobar, Disponível em: https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-ambientais/dados-comprovam-aumento-de-eventos-climaticos-extremos-em-sao-paulo/ - Acesso em: 01.04.2020.

KYODO NEWS, 2018 – A falta de água continua nas áreas atingidas pelas inundações no Japão: Disponível em:

:https://english.kyodonews.net/news/2018/07/0d85e1dd736e-water-outage-continues-in-japan-flood-hit-areas-death-toll-tops-170.html, acesso em: 21.02.2020.

KLEINER, Y. et al. . Water distribution network renewal planning. Journal of Computing in Civil Engineering. January 2001. p.15.

MARCELINO, E. V.; NUNES, L. H.; KOBIYAMA, M. (2006) Banco de dados de desastres naturais: análise de dados globais e regionais. Caminhos de geografia. Disponível em: Acesso em 25.03.20.

Marengo, J. A (2009). **Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos no Brasil**, p. 4-19. In: Mudanças climáticas e eventos extremos

no Brasil. P. 1- 76. Patrocinado por LLOYD'S. Disponível em: http://www.fbds.org.br/fbds/IMG/pdf/doc504.pdf . Acesso em 30.03.2020.

MARENGO, J. A. et al. **Observed and projected changes in rainfall extremes in the Metropolitan Area of São Paulo,** Climate Research Clim Res, Vol. 57: 61–72, 2013.

MARTINS, G; SOBRINHO, P. A. Abastecimento de Água.In: Tsutiya, M.T. **Abastecimento de água**, 3ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Policlínica de São Paulo. P.47-66.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; CARNEIRO, P. R. F. (2012) Sustainable Drainage Systems: An Integrated Approach, Combining Hydraulic Engineering Design, Urban Land Control and River Revitalization Aspects, Drainage Systems, Prof. Muhammad Salik Javaid (Ed.), ISBN: 978-953-51-0243-4,InTech, Available from: http://www.intechopen.com/books/drainage-systems/sustainable-drainage-systemsanintegrated-approach-combining-hydraulic-engineering-design-urban-lan

MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT – Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. p. 176.

MORRIS JR., R.E. (1967). **Principal causes and remedies of water main breaks**. Journal AWWA, v.59, n. 7,p.782-798, jul. 1967.

NEWS DESK. 2020 - Six common diseases to watch out for during floods, disponível em: https://www.thejakartapost.com/life/2020/01/02/six-common-diseases-to-watch-out-for-during-floods.html - pesquisa em 23.02.2020.

NYTIMES,2020 - Enquanto as inundações no Mississippi criam, danos ainda devem ser vistos - Disponivel em:

https://www.nytimes.com/2020/02/16/us/mississippi-flood-jackson.html - Consulta em: 18.02.2020.

O ESTADO DE MINAS, 2020 – Abastecimento de água é afetado por causa de chuvas em Manhuaçu, na Zona da Mata, disponível em: Acesso em 26.02.2020.https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2020/01/25/interna_gerais,111

7003/abastecimento-de-agua-e-afetado-por-causa-de-chuvas-em-manhuacu-na-zo.shtml, acesso em 28.03.2020.

O ESTADO DE MINAS, 2020 – Em nível de alerta: Copasa usa bombas para rebaixar represa e evitar inundação: Disponível em:

https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2020/02/20/interna_gerais,1123126/em-nivel-de-alerta-copasa-usa-bombas-para-rebaixar-represa-e-evitar-i.shtml, acesso em 25.03.2020.

PAIVA, C.M. Determinação das datas de início e fim da estação chuvosa e da ocorrência de veranicos na Bacia do Rio Doce. 1997. 65f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

PEREIRA FILHO, A.J. **Análise da escassez hídrica brasileira em 2014**. In Revista da USP nº 104 P.125-132, janeiro/fevereiro/março de 2015. Professor associado do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da Universidade de São Paulo,2015.

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

Plano Nacional de Adaptação (PNA,2016) - disponível em:https://www.mma.gov.br/clima/adaptacao/plano-nacional-de-adaptacao, acesso em 02.05.2020.

PORTO, R.M. Hidráulica Básica. EESC-USP, São Carlos, SP, 2006.

REDAÇÃO NOVA IMPRENSA, 2019 – **Sabesp interrompe abastecimento de água por conta das chuvas** – disponível em:

https://novaimprensa.com/2019/03/sabesp-interrompe-abastecimento-agua-chuvas-caraguatatuba.html, acesso em 19.01.20.

RIBEIRO, A.M. – (2007) Gestão de Riscos Operacionais – GRO para um sistema de abastecimento: ênfase no risco de escorregamento no processo de

distribuição: Dissertação de mestrado – IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Disponível em: cassiopea.ipt.br/teses/2007_TA_Ana_Maria_Ribeiro.pdf

RIBEIRO, W.C. Geografia política da água. São Paulo: Annablume, 2008.

R7 Notícias,2020 - Chuvas abastecem reservatórios em SP, mas Cantareira ainda tem 54% - Disponivel em: https://noticias.r7.com/sao-paulo/chuvas-abastecem-reservatorios-em-sp-mas-cantareira-ainda-tem-54-19022020 - Acesso em: 29.04.2020.

SABESP, 2016 - **NOTÍCIAS** Disponivel em:

http://site.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias-detalhe.aspx?secaold=65&id=7033, consulta em 02.05.2020.

SABESP, 2020 - A Sabesp informa que as fortes chuvas da madrugada desta segunda-feira, 10, afetaram o abastecimento nos municípios de Botucatu, Joanópolis, Santos e Laranjal Paulista. Disponível em:

http://site.sabesp.com.br/site/imprensa/releases-

<u>Detalhes.aspx?secaoId=193&id=8260 (SABESP, 2020) -</u> Consulta em 22.02.20.

SANTOS, T. G.; VENTORINI, S. E. & G. P. ALMEIDA. 2016. "Mapeamento de Áreas suscetíveis a ocorrência de enchentes e inundações na bacia do córrego do Lenheiro". In: G. SEABRA (Org.). TERRA *Paisagens, Solos, Biodiversidade e os Desafios para um Bom Viver.* V. 1. pp. 1.331-1.3411. ed. Ituiutaba, Barlavento, Brasil.

SARZEDAS, G.L. (2009) — Planejamento para substituição de tubulações em sistemas de abastecimento de água. Aplicação na rede de distribuição de água da Região Metropolitana de São Paulo. — Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Georreferenciadas**: conceitos e fundamentos. Campinas: Editora Unicamp, 2003.

TARDELLI J. F. **Controle e redução de perdas**. In: Tsutiya, M. T. Abastecimento de água. 2° Ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005. p. 496.

TSUTIYA (2006). **Abastecimento de água.** 3 ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (Org). **Inundações urbanas na América do Sul**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre. 471p. 2003.

TUCCI, C. E. M. Programa de drenagem sustentável: apoio ao desenvolvimento do manejo das águas pluviais urbanas – Versão 2.0. Brasília: Ministério das Cidades, 2005a.

UN-HABITAT - UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME. Cities and climate change: policy directions. Global report on human settlements, 2011. Disponivel em:http://www.unhabitat.org/downloads/docs/GRHS2011/GRHS. Acesso em: 30 de março de 2020.

UNISDR. **Como construir cidades mais resilientes** – Um guia para gestores públicos locais. Nações Unidas, Genebra. 2012.

VEIGA, J.A.P.; ORSINI, J.A.M.; RAO, V.B. **A influência das anomalias de TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico sobre as chuvas de monção da América do Sul.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.17, n.2, p.181-194, 2002.

Venturini, M.A.A.G.; Barbosa, P.S.F. & Luvizotto Jr., E. (2001). **Estudo de Alternativas de Reabilitação para Sistemas de Abastecimento de Água. In**: *XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Aracaju-SE, Brasil

VILELA FILHO, Luís Ribeiro. **Urbanização e fragilidade ambiental na Bacia do Córrego Proença Município de Campinas/SP.** Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas,2006.

UN-Water Unnual Report 2011 - Adaptação às Mudanças Climáticas: o papel essencial da água UN Water — Resumo Executivo, disponível em :https://smastr16.blob.core.windows.net/pactodasaguas/2011/10/UN-Water-AMC.pdf, acesso em 12.02.2020.

Zilda, J.S.R et.al.2018 e Alves Filho, 1996 « **Uso e ocupação do solo em São Paulo, alterações climáticas e os riscos ambientais contemporâneos** », *Confins* [Online], 34 | 2018, posto online no dia 30 março 2018, consulta: 31 março 2020. URL : http://journals.openedition.org/confins/12779 ; DOI : https://doi.org/10.4000/confins.12779

WEFERUM - **GLOBAL RISK 2020** – Disponível em: https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2020, acesso em 02.02.20

WOLLMANN C. A. M. SARTORI, da G. B. O estudo das enchentes nas diferentes linhas de pesquisa da geografia física – uma revisão teórica. Anais do XIII SBGFA. 2008.

WRI.ORG.FLOODS, 2015 - **Os 15 países com mais pessoas expostas às inundações causadas pelos rios –** Disponivel em: https://wricidades.org/noticia/os-15-pa%C3%ADses-com-mais-pessoas-expostas-%C3%A0s-inunda%C3%A7%C3%B5es-causadas-pelos-rios, acesso em: 01.03.20

WRI.ORG - 2020 - **Aqueduct Global Flood Risk Country Rankings** – Disponível em:https://www.wri.org/resources/data-sets/aqueduct-global-flood-risk-country-rankings, acesso em: 02.03.2020.