GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DE INOVAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática

Parecer nº 03/2024

ANTEPROJETO "ESTUDOS E PROJETO CONCEITUAL DE PROTEÇÃO CONTRA CHEIAS DO DELTA DO JACUÍ EM ELDORADO DO SUL

(CÓDIGO 1558-R-ECP- FIN-01-01)

PLANO RIO GRANDE
Todos nós por todos nós.

27 de agosto de 2024

Coordenação:

Professora Dra. Simone Stülp

Secretária Estadual de Inovação, Ciência e Tecnologia

Vice-Coordenação:

Professor Dr. Jorge Audy

Secretaria Executiva:

Professor Dr. Joel Avruch Goldenfum

Assessoria Técnica:

Professora Dra. Alexandra Passuello
Eliana Dienstmann

Pareceristas responsáveis:

I. Membros fixos do Comitê Científico:

Professor Dr. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho (Relator)
Professor Dr. Carlos Alfonso Nobre
Professor Dr. Délton Winter de Carvalho
Professora Dra. Taneha Kuzniecow Bacchin

II. Parecerista ad hoc

Professor Dr. Walter Collischonn (Parecerista *ad hoc*)

Sumário

1. INTRODUÇÃO 4

2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS DO RELATOR 5

3. ANTECEDENTES E ÁREA DE ESTUDO 6

4. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS E RECOMENDAÇÕES DO RELATOR 7

a. Sobre a ABRANGÊNCIA DAS AÇÕES consideradas no anteprojeto do sistema de proteção contra cheias de Eldorado 8

b. Sobre a necessidade de ATUALIZAÇÃO DOS DADOS usados nos estudos ... 10

c. Sobre o TEMPO DE RETORNO a adotar 11

d. Sobre a COTA DE COROAMENTO das estruturas 13

e. Sobre o SISTEMA DE BOMBEAMENTO 15

f. Sobre a consideração da situação extrema de GALGAMENTO DO SISTEMA ... 16

g. Sobre a necessidade de melhoria e qualificação do SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL de ELDORADO 17

h. Sobre a necessidade de consideração de SISTEMAS DE VEDAÇÃO DE TRECHOS DE TRANSPOSIÇÃO INFERIOR da BR-290 17

i. Sobre a consideração geotécnica de CENÁRIOS DE INUNDAÇÃO PROLONGADA 18

j. Sobre a adoção de MEDIDAS LEGAIS E AJUSTES NO PLANEJAMENTO MUNICIPAL para cumprir obrigações e cuidados com a gestão de riscos 19

k. Sobre a implantação de SISTEMAS DE ALERTA e MODELOS DE PREVISÃO DE EVENTOS 20

l. Sobre PLANEJAMENTO ESPACIAL RESILIENTE E ADAPTATIVO 21

1. 22

m. Sobre a consideração da POSSIBILIDADE DE REMOÇÕES E REALOCAÇÕES 22

n. Sobre a adoção de MEDIDAS DE RESTRIÇÃO DE ÁREAS OCUPÁVEIS e ESTÍMULO A HABITAÇÕES ADAPTADAS no Plano Diretor Municipal 23

5. PARECER DO RELATOR 23

6. CONSIDERAÇÕES DA SECRETARIA EXECUTIVA SOBRE O PARECER 26

7. ANEXOS 29

a. Parecer individual de Walter Collischonn - consultor *ad hoc* (UFRGS) 29

b. Parecer individual de Délton Winter de Carvalho - membro fixo (UNISINOS) 29

c. Parecer individual de Carlos Afonso Nobre - membro fixo (USP) 29

1. INTRODUÇÃO

Na primeira reunião do Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática ocorrida no dia 26 de janeiro de 2024, o Governador Eduardo Leite encaminhou demandas prioritárias ao Comitê Científico, dentre ela a solicitação de análise técnica relativa ao projeto estruturante voltado à proteção contra cheias do rio Jacuí em Eldorado do Sul. O questionamento realizado pelo Governador aos membros do Comitê Científico foi:

- O projeto existente para Eldorado está adequado ao novo contexto socioambiental?

Para responder ao questionamento colocado pelo governador, a Secretaria Executiva do Comitê Científico instituiu um Grupo de Trabalho (GT) composto por 5 (cinco) membros de áreas de conhecimento distintas, estabelecendo entre eles o responsável pela relatoria. No seu parecer, o relator denominou o grupo de parecerista de comissão, se referindo dessa forma ao GT estabelecido pela Secretaria Executiva.

- Dr. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho, PhD. (Relator),
- Dr. Walter Collischonn
- Dr. Carlos Nobre
- Dr. Délton Winter de Carvalho
- Dra. Taneha Bacchin

A composição de um grupo multidisciplinar objetivou a obtenção de uma análise ampla do projeto em relação à sua efetividade na construção de resiliência para a região contemplada.

Concluídas as análises pelos membros do GT, o relator entregou o seu parecer à Secretaria Executiva no dia 19 de agosto de 2024. A apresentação do parecer aos membros do Comitê Científico foi realizada na Reunião Ordinária nº 7, ocorrida no dia 20 de agosto de 2024.

Este documento apresenta o parecer do relator, bem como as considerações da Secretaria Executiva após o recebimento de contribuições complementares

originadas a partir das discussões geradas na reunião de apresentação do parecer ao grupo geral dos membros do Comitê Científico. Nos anexos estão disponibilizados os pareceres individuais do GT.

2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS DO RELATOR

O presente parecer foi elaborado pelo relator designado pela Secretaria Executiva do COMITÊ CIENTÍFICO DE ADAPTAÇÃO E RESILIÊNCIA CLIMÁTICA, com base em análises realizadas por uma comissão de 5 membros do comitê, estrutura consultiva que assessora o CONSELHO DO PLANO RIO GRANDE e o Governo do Estado do Rio Grande do Sul.

Para subsidiar este parecer, cada membro convidado da comissão emitiu sua manifestação ou parecer individual, com sua visão sobre o projeto como um todo, e com foco em necessidades e recomendações atinentes a áreas específicas de especialização.

Coube ao relator consolidar o presente parecer, buscando efetivar uma síntese coletiva das opiniões dos demais participantes, destacando os principais aspectos demandantes de atenção e as recomendações consensuadas entre as partes.

O parecer do relator tentou sistematizar, agregar e sintetizar as recomendações e pareceres individuais. Depois de redigido, ele foi submetido à comissão para análise, complementações ou manifestações de divergência com algum posicionamento.

As manifestações individuais de cada membro foram incluídas como elementos complementares do presente parecer, para que possam subsidiar eventuais discussões do Conselho do Plano Rio Grande e do Governo do Estado, e servir como fonte de referência e de entendimento adicional sobre as considerações e observações apresentadas pelo relator no presente documento.

3. ANTECEDENTES E ÁREA DE ESTUDO

O trabalho da comissão foi baseado em dois arquivos disponibilizados pela Secretaria Executiva do COMITÊ CIENTÍFICO DE ADAPTAÇÃO E RESILIÊNCIA CLIMÁTICA, que constituem o documento "Estudos e Projeto Conceitual de Proteção Contra Cheias do Delta do Jacuí em Eldorado do Sul (código 1558-R-ECP- FIN-01-01)", finalizado em 2017.

Esse documento visava a realização de estudos preliminares, em nível de anteprojeto, para subsidiar o eventual projeto executivo de um SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA CHEIAS para o município de ELDORADO DO SUL.

O relatório foi contratado pela METROPLAN e elaborado pela empresa Magna Eng. Ltda.

A área de estudo consiste no município de Eldorado do Sul, localizado na região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA).

Como destacado por Collischonn em sua manifestação, a cidade de Eldorado do Sul é de ocupação relativamente recente. O crescimento populacional dessa região foi intenso a partir da década de 1970, em função da proximidade com a cidade de Porto Alegre.

O município de Eldorado se emancipou do Município de Guaíba em 1988.

Em 1991 a população de Eldorado do Sul era inferior a 18 mil pessoas. No censo de 2022 essa população mais que dobrou, atingindo quase 40 mil pessoas. Como se observa nesses dados, o crescimento populacional do município ocorreu principalmente no período posterior às grandes cheias de 1967, e bem depois do evento de 1941. Dessa forma, não é de surpreender que a população não tenha memória coletiva sensível acerca destes desastres.

Em termos de altitude, o município apresenta uma região mais a Leste, próxima aos rios Jacuí e Guaíba, que é extremamente plana e de baixa altitude, com cotas tipicamente inferiores a 10 m, e uma região mais elevada a Oeste, com cotas que se aproximam e até excedem os 100 metros.

A sede do município e a principal ocupação urbana estão localizadas na parte baixa no extremo Leste do município, se dispondo especialmente ao longo da BR-290. A ocupação urbana dessa região baixa, especialmente ao norte da BR-290, pode ser considerada como um desenvolvimento urbano desaconselhável, pela suscetibilidade a eventos de inundação. Porém, a mesma se consolidou, sem restrições, especialmente no período compreendido entre 1967 e 2015, em que quase não ocorreram cheias significativas no Jacuí e no Guaíba.

Pode-se levantar a hipótese que esse cenário explica por que a suscetibilidade a enchentes não teve papel predominante no planejamento municipal ou na consciência social do município, até recentemente, o que necessita mudar em função dos acontecimentos recentes, em particular a mega enchente de 2024, que impactou fortemente o município, inundando praticamente toda sua área urbana.

Essa condição de suscetibilidade a enchentes necessita ser fortemente considerada na elaboração de um projeto de Sistema de Proteção contra Cheias, especialmente diante do agravamento dos eventos meteorológicos associados a precipitações extremas registrado no Rio Grande do Sul nos últimos anos.

4. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS E RECOMENDAÇÕES DO RELATOR

Com base na análise da documentação disponibilizada e nas manifestações individuais dos membros da comissão, o relator considera importante destacar os seguintes aspectos, como recomendações para a atualização/complementação do anteprojeto disponibilizado e eventual elaboração de Projeto de Sistema de Proteção contra Cheias para a cidade de Eldorado do Sul:

a. **Sobre a ABRANGÊNCIA DAS AÇÕES consideradas no anteprojeto do sistema de proteção contra cheias de Eldorado**

A análise dos documentos disponibilizados deixa claro que o foco das ações propostas se concentra na realização de INTERVENÇÕES ESTRUTURAIS, constituídas de obras físicas na forma de diques e eventualmente muros de contenção para geração de um sistema de proteção contra as cheias.

Os estudos realizados justificam esse direcionamento em função do relevo e da dinâmica de inundação da região de Eldorado, plana e ampla.

A necessidade de realização de obras estruturais de proteção contra cheias, com uso de diques e eventuais muros com referência de coroamento de 6,0m, compatíveis com o aterro da BR-290, é justificada nos documentos apresentados, que tomam como base dados disponíveis até 2017.

A opinião prevalente entre os membros da comissão, com a qual o relator concorda, é que a solução estrutural, baseada na construção de diques e eventuais elementos complementares, é justificável, mas **deve necessariamente ser complementada por MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS**.

Além disso, o relator concorda com a recomendação que seja **considerada, no eventual projeto do sistema de proteção contra cheias de Eldorado, a implantação de INFRAESTRUTURAS VERDES complementares**, que possam contribuir para a redução do escoamento e do pico de cheias, tanto em Eldorado como nas reuniões circunvizinha.

O entendimento e consideração da dinâmica da área de várzea no entorno da cidade é fundamental, assim como sua preservação, em boas condições biológicas e sanitárias. Recomenda-se que a lógica do *"room for water"* seja considerada no projeto, na medida do possível, e seja adotada como uma política orientadora para as ações de proteção contra cheias no âmbito da RMPA.

Nesse sentido, como medida não estrutural relevante, recomenda-se, ainda, a discussão e possível implementação, tanto em nível municipal como estadual, de soluções baseadas na natureza e sistemas de valorização e pagamento por serviços ecossistêmicos. Como destacado pelo especialista Délton de Carvalho,

alternativas para implantação de soluções verdes e valorização dos serviços ambientais poderiam e deveriam ser consideradas como medidas de mitigação ou compensatórias aos impactos decorrentes da implantação de um Projeto de Proteção contra Cheias. O estímulo à ampliação de áreas vegetadas em áreas amplas das bacias dos rios que deságuam no Guaíba pode inclusive contribuir para a redução da velocidade e quantidade de água pluvial que contribui para o incremento do nível dos rios.

No âmbito local, como destacado pelo especialista Carlos Nobre, o estudo não menciona a busca de soluções de "infraestrutura verde", que deveriam receber atenção, especialmente as associadas ao conceito de "esponjas urbanas".

De forma geral, o uso de conceitos de "esponjas urbanas" pode trazer diversos efeitos positivos, contribuindo para reduzir alagamentos locais e mitigar os riscos de ondas de calor, podendo possibilitar até mesmo uma melhora na qualidade do ar.

No caso específico de Eldorado do Sul, a principal utilidade da incorporação de conceitos de "esponja urbana" seria possibilitar um melhor manejo da drenagem de águas pluviais no futuro pôlder (área interna protegida pelos diques). A adoção de medidas sustentáveis, como a manutenção de áreas permeáveis, com vegetação, e de retenção de escoamento em áreas específicas para este fim, seguindo o conceito de "esponjas urbanas", poderia até mesmo contribuir para a redução da dimensão das estruturas de bombeamento necessárias para drenar a área do pôlder. Sugere-se que essas possibilidades sejam consideradas no projeto final do sistema.

É importante enfatizar, todavia, que o emprego dos conceitos e tecnologias de "esponja urbana" não tem capacidade de solucionar ou contribuir significativamente, de forma isolada, para sanar os problemas associados a inundações de grande porte, como a registrada em maio/junho de 2024, relacionadas a fenômenos ribeirinhos de acumulação e transbordamento de grandes corpos de água.

Em suma, de acordo com manifestações dos especialistas componentes do painel, o relator recomenda que a solução para o sistema de proteção de cheias de Eldorado do Sul combine infraestruturas tradicionais com infraestruturas verdes. Conceitos de "esponja urbana" deveriam ser considerados, pois ofertam a possibilidade de reduzir problemas de alagamento na parte interna da região que será protegida por diques, como uma medida auxiliar. Como citado acima, no escopo do presente projeto sua utilização pode contribuir para um melhor manejo da drenagem urbana da área protegida e até impactar o dimensionamento das casas de bombas necessárias para retirar as águas pluviais da zona urbana interna ao sistema.

b. Sobre a necessidade de ATUALIZAÇÃO DOS DADOS usados nos estudos

Os documentos analisados se baseiam em estudos realizados em 2017, que tomam como base eventos anteriores e não discutem o potencial agravamento e superação das condições prevalecentes até então. Segundo o relatado, foram usados como referência para a elaboração da proposta de Sistema de Proteção contra Cheias os níveis máximos obtidos dos registros da enchente de 1941, considerados como extraordinários.

Sabe-se que a enchente de 2024 ultrapassou os níveis da enchente de 1941. É fundamental que esse fato seja considerado no projeto do sistema de proteção a ser concebido para a cidade de Eldorado.

O especialista Carlos Nobre enfatiza a necessidade de **realizar um estudo atualizado para considerar a cheia de 2024, que bateu todos os recordes históricos. O novo estudo deve contar com os melhores especialistas de hidrologia do campo acadêmico e avaliar criticamente todas as áreas que foram destrutivamente afetadas pelas cheias recentes, mapeando todas as residências, edifícios, estradas e outras infraestruturas de transporte destruídas.**

É necessário, também, atualizar dados referentes ao número de pessoas e estruturas atingidas pelas obras eventualmente a realizar para constituição do sistema estrutural de Proteção contra Cheias proposto nos estudos analisados, elaborados pela Magna. O ritmo de crescimento registrado no município certamente alterou os números estimados de lotes e pessoas afetadas, assim como modificou a área urbana registrada nos documentos.

Recomenda-se, portanto, que sejam **atualizadas as áreas de ocupação urbana para subsidiar, com dados atualizados, a decisão de escolha entre as diferentes alternativas de implantação do sistema** (com construção no parque ou em trecho urbano e com trechos urbanos executados em muro ou em aterro).

c. Sobre o TEMPO DE RETORNO a adotar

Uma das observações realizadas pelos membros da comissão de refere ao tempo de retorno recomendado para orientação do projeto do sistema de proteção contra cheias.

Os estudos disponibilizados relatam a dificuldade de estabelecer os tempos de retorno para Eldorado e justificam o uso de referências da Praça da Harmonia.

O especialista Walter Collischonn enfatiza a relevância de avaliar se o tempo de retorno de 100 anos é adequado para o dimensionamento de sistemas de proteção contra inundações. Conforme o mesmo, alguns autores sugerem que estruturas como diques devem ser dimensionados com base em eventos com 50 a 200 anos de tempo de retorno.

A comissão se posiciona em linha com o argumento que a definição do tempo de retorno considerado para o dimensionamento de uma estrutura tipo deve considerar o risco associado com a eventual falha deste dique.

Uma eventual falha do sistema de proteção de Eldorado do Sul colocaria em perigo uma população de cerca de 40 mil pessoas, atualmente, e, diante desse

montante de impacto, a mesma deve ser considerada como constituindo uma situação de risco elevado.

Segundo Collischonn, autores como Ponce sugerem que o tempo de retorno usado para o dimensionamento de estruturas de alto risco deveria ser de 200 a 1.000 anos (https://ion.sdsu.edu/periodo_de_retorno_portugues.html).

Considerando que o eventual sistema de proteção a ser implementado deverá funcionar e oferecer proteção à cidade ao longo de uma vida útil de diversas décadas, é interessante avaliar as probabilidades de ocorrência de falhas ao longo desta vida útil.

A probabilidade de ocorrer ao menos um evento de TR 100 anos, ou maior, ao longo de um período de 50 anos é de 39%. Considerando uma vida útil de 70 anos, a probabilidade associada chega a 51%. Em outras palavras, se o dique é dimensionado com base no evento de cheia com tempo de retorno de 100 anos, e considerando uma vida útil de 70 anos, a chance de o dique falhar durante sua vida útil é maior do que a chance de ele não falhar.

Repetindo esta análise com o TR de 1.000 anos, as probabilidades de falha caem para 5% ao longo de uma vida útil de 50 anos e 7% ao longo de uma vida útil de 70 anos.

Estes resultados demonstram que a probabilidade de falha de um dique projetado com base na cheia de 100 anos ficaria em uma faixa desaconselhável enquanto a probabilidade de falha de um dique dimensionado para um tempo de retorno de 1000 anos seria bem menor e mais compatível com níveis de segurança adotados quando há risco à vida humana.

A adoção de um TR também deve levar em conta que há projeções consistentes que indicam um possível aumento das vazões máximas nos rios da região Sul do Brasil, em particular do Rio Grande do Sul. Considerando este cenário, o Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS publicou nota técnica propondo critérios hidrológicos mais conservadores para projetos que considerem chuvas e cheias extremas na Região Sul do Brasil. De acordo com esta nota técnica, para levar em conta o efeito futuro das mudanças climáticas utilizando estatísticas

baseadas em séries observadas do passado, é aconselhável utilizar Tempos de Retorno mais elevados que os usualmente adotados.

Dessa forma, em linha com a posição de especialistas da comissão, o relator **sugere que seja adotado um período de retorno de 1000 anos ou a maior cheia observada no local (o que for maior)** para o dimensionamento de um eventual Sistema de Proteção contra Cheias para a cidade de Eldorado do Sul, de forma que gerem estruturas mais seguras e se adote uma gestão de riscos mais conservadora, em função dos graves impactos de uma eventual falha do sistema.

Para reforçar essa recomendação cabe recordar que as estimativas de vazões máximas têm apresentado incerteza considerável, e que, em alguns rios do RS, em 2010, 2023 e 2024, foram superadas estimativas de vazões máximas às quais se atribuíram tempos de retorno de 1.000 anos, ou até de 10.000 anos.

Recomenda-se, ainda, como será destacado em item específico, que se invista na coleta de dados de precipitação e vazão em grande escala para que se possam melhorar os modelos e as estimativas para fins de gestão dos sistemas de proteção contra cheias e de alerta e gestão de emergências do estado.

d. Sobre a COTA DE COROAMENTO das estruturas

Como destacado por Collischonn, em sua manifestação, na cidade de Eldorado do Sul não existe um posto fluviométrico ou régua linimétrica com uma série de dados histórica suficiente para uma análise estatística de eventos extremos. Por este motivo, o estudo hidrológico se baseou em cotas observadas do rio Jacuí em São Jerônimo e do rio Guaíba, em Porto Alegre.

Para subsidiar a definição da cota do coroamento dos diques e estruturas de proteção, o relatório da Magna Engenharia apresenta uma análise das cotas máximas em Porto Alegre considerando os tempos de retorno de 2 a 100 anos, e conclui que as cotas máximas têm valores entre 2,77m e 4,30m. Conforme destacado pelo especialista Walter Collischonn e mencionado no item anterior,

tempos de retorno de 2 a 100 anos devem ser considerados demasiadamente reduzidos quando se trata de diques cuja falha pode resultar em danos elevados e possibilidade de perda de vidas. Além disso, é importante considerar o possível efeito de mudanças climáticas sobre a magnitude de cheias na região.

O estudo da Magna concluiu que seria adequado utilizar a cheia de 1941 como base para definição da cota de coroamento dos diques de proteção de Eldorado do Sul. Em função dessa decisão, a cota máxima de 6,00m do trecho da BR290/BR116 que intercepta Eldorado do Sul foi adotada como a referência para a cota de coroamento dos diques.

O relator concorda com o posicionamento dos especialistas Walter Collischonn e Carlos Nobre de que a cota de coroamento de 6,00 m deve ser reavaliada, com base em três informações relevantes:

- observações sobre as marcas da cheia de 2024, especialmente em Eldorado do Sul;
- a cota de 6,00 m pode ser considerada razoável junto ao centro histórico de Porto Alegre, mas pode ser insuficiente em Eldorado do Sul, por conta de efeitos de declividade da linha da água durante as cheias, que pode variar desde o rio Jacuí, ao Norte da cidade de Eldorado do Sul, até as regiões mais ao sul do delta;
- estimativa de agravamento de condições de precipitação e cheias em função de fenômenos climáticos extremos futuros;

Dada a longa vida útil esperada, os graves impactos associados a falhas de funcionamento e a frequência e tendência de agravamentos das consequências de eventos climáticos extremos atuantes na região sul do Brasil, considera-se justificável e necessário adotar valores conservadores, em favor da segurança, para orientar os investimentos em obras e elementos estruturais de proteção contra cheias.

Cabe destacar que parte do sistema como proposto nos documentos disponibilizado seria constituído pelo aterro da BR-290, que foi concebido juntamente com o sistema de Porto Alegre, tomando como referência a cota de 6m, a partir de considerações sobre aspectos da enchente de 1941. Isso pode ser um limitante importante para a consideração de níveis superiores a 6.0m de

proteção e precisa ser considerado com cuidado em um novo estudo de cotas de coroamento recomendáveis.

Observa-se que, mesmo para a mega enchente de 2024, o nível altimétrico de 6m do muro da Mauá não foi superado. Ou seja, a adoção do referencial correspondente ao nível de 6m de coroamento do muro da Mauá pode até eventualmente se mostrar robusto para o projeto de estruturas de proteção contra cheias em algumas regiões da região metropolitana, mas é necessário um estudo detalhado para que se possa definir essa questão para cada localidade. Em Eldorado do Sul é possível, inclusive, que seja necessário adotar cotas de coroamento do dique diferentes nos limites Norte e Sul da cidade, em função da consideração de possível declividade da linha da água durante as cheias.

Portanto, para que o Governo do Estado tenha segurança para investir em novas obras estruturais, este relator considera recomendável **aprofundar a análise de quais as cotas de coroamento que gerariam níveis de proteção necessários e aceitáveis, considerando o evento de 2024, de forma que se tenha clareza acerca de quais as demandas de altura para as obras e se é viável a incorporação da BR-290 como parte do sistema estrutural de proteção contra cheias de Eldorado do Sul.**

e. Sobre o SISTEMA DE BOMBEAMENTO

O anteprojeto analisado prevê casas de bombas com estrutura de “by-pass” equipada com válvulas tipo “flap” para permitir a drenagem por gravidade de vazões durante os períodos que o nível do rio Jacuí estiver baixo, reduzindo assim os custos de energia. Segundo manifestação do especialista Walter Collischonn, é importante reavaliar se esta é a solução mais adequada, tendo em vista as experiências negativas vivenciadas com o sistema de controle de cheias de Porto Alegre durante a cheia de maio de 2024. É necessário garantir que não haverá fluxo no sentido contrário, do Jacuí para dentro da região protegida, mesmo quando houver diversas falhas no sistema de bombas, incluindo falhas humanas e falta de energia.

Recomenda-se, também, que sejam reavaliadas as alturas de bombeamento necessárias. Pelo que foi possível entender no relatório da Magna, a altura de bombeamento preliminar foi definida com base em uma cheia equivalente à cheia de 1941. Entretanto, a cheia de 2024 superou a cheia de 1941 em cerca de 50 cm em Porto Alegre. Outras cheias futuras poderão superar a cheia de 1941 com uma diferença ainda maior, e isto não deverá ser um impedimento para o funcionamento das bombas.

f. Sobre a consideração da situação extrema de GALGAMENTO DO SISTEMA

Como manifestado pelo especialista Walter Collischonn, por mais que a probabilidade de tal situação seja muito baixa, a possibilidade de ocorrência de uma cheia maior do que a considerada no dimensionamento de um sistema de proteção não pode ser totalmente descartada. Assim, é necessário conceber o sistema de diques para eventualmente, em situações extremamente excepcionais, permitir a entrada da água na área protegida de uma forma gradual e segura, quando a capacidade do dique for excedida. O especialista recomenda, para tanto, que o projeto do dique tenha uma ou mais porções rebaixadas, com as características de um vertedor, revestido com concreto ou rocha, para permitir que a água entre na região protegida sem provocar erosão e sem causar o rompimento do próprio dique. O mesmo destaca que o dimensionamento de um eventual extravasor de emergência deve ser apoiado por estudos de modelagem hidrodinâmica desta situação extrema.

A modelagem hidrodinâmica da situação extrema de galgamento é útil, também, para elaborar o PAE (Plano de Ação Emergencial), que deve ser colocado em prática na iminência de um galgamento. Este PAE identificará, por exemplo, tempos de chegada da onda em diferentes locais e rotas de evacuação ideais para a população.

Diante dessas considerações, **recomenda-se que, na elaboração do projeto de SPCC, seja considerada a situação de galgamento e adotadas medidas para**

a gestão da mesma com menores riscos à população, pela combinação de elementos estruturais e de preparação.

g. Sobre a necessidade de melhoria e qualificação do SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL de ELDORADO

Os registros das condições da rede de drenagem constantes nos documentos disponibilizados são preocupantes, com incidência de diversos registros de acúmulo de material com bloqueio de redes, problemas de caimento e outros.

Como citado na pág. 35 do documento 20, a inexistência de uma rede de drenagem bem estruturada e operando adequadamente pode "comprometer a operacionalidade funcional do sistema de proteção contra cheias".

Destaca-se a importância dessa observação, pois redes bloqueadas vão reduzir a eficiência e causar alagamentos e redes com possibilidade de reversão de fluxo devido à pressão durante eventos de enchente podem tornar o sistema completamente ineficiente.

Recomenda-se, portanto, que seja efetuado um **ESTUDO E PROJETO DE RECUPERAÇÃO/REESTRUTURAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM PLUVIAL** do município em paralelo e como condição preparatória e necessária para implantação do sistema de proteção contra cheias, de forma que se possa assegurar um adequado desempenho operacional do mesmo após sua implantação.

h. Sobre a necessidade de consideração de SISTEMAS DE VEDAÇÃO DE TRECHOS DE TRANSPOSIÇÃO INFERIOR da BR-290

O estudo analisado, em suas 3 alternativas de concepção, considera o uso da BR-290 como parte do sistema de diques de proteção do município. Em outros itens já se destacou a necessidade de averiguar, diante do evento de 2024, se a cota de coroamento da BR-290 continua a ser efetiva para o nível de segurança desejado.

Mas, além disso, considera-se fundamental alertar sobre a **necessidade de concepção de sistemas de comportas ou outra solução adequada para vedação das passagens inferiores da rodovia, necessárias para a transposição de tráfego.** Esses são pontos vitais e complexos que demandam atenção técnica para que se gere uma solução segura, de rápido acionamento e operacionalmente adequada. Recomenda-se que seja solicitada atenção especial a esse item na elaboração do projeto do sistema de proteção contra cheias do município, inclusive com revisão de projeto por especialistas independentes.

i. **Sobre a consideração geotécnica de CENÁRIOS DE INUNDAÇÃO PROLONGADA**

Segundo o especialista Walter Collischonn, o relatório da Magna aponta que partes do dique poderão ser construídas em aterro. O mesmo relatório adverte, todavia, que as sondagens do solo no qual seria construído o dique apresenta baixa capacidade de suporte. Dessa forma, não se pode desprezar a possibilidade de que o dique sofra rebaixamento por deformação dos aterros ao longo do tempo.

Cabe destacar que essa situação pode se agravar se o solo ficar submerso por muito tempo, com ação de uma grande massa de água sobre o mesmo, o que incrementa as solicitações verticais. A cheia de 2024 explicita que diques podem vir a ser exigidos durante longos períodos, ao longo dos quais a existência de eventuais fragilidades pode resultar em falhas indesejáveis.

Dessa forma, **recomenda-se atenção especial** no projeto do Sistema de Proteção contra Cheias de Eldorado do Sul, **para as questões geotécnicas associadas ao dimensionamento dos diques, não só considerando esforços instantâneos, mas um cenário de inundação prolongado, da ordem de várias semanas.**

j. Sobre a adoção de MEDIDAS LEGAIS E AJUSTES NO PLANEJAMENTO MUNICIPAL para cumprir obrigações e cuidados com a gestão de riscos

Como observado pelo especialista Délton Carvalho, o anteprojeto elaborado pela Magna, objeto do presente Parecer, limita-se a propor, como medidas de adaptação legal e urbanística:

(i) a adequação do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental de Eldorado do Sul (Lei Municipal n. 2.574/2006);
(ii) a implantação de Entidade Responsável pela Gestão do Sistema de Proteção;
(iii) a implantação de Sistema de Alerta Precoce.

Para assegurar um necessário alinhamento aos deveres legais de prevenção, mitigação e preparação a desastres "naturais" (climáticos), previstos no Direito dos Desastres Brasileiro, **recomenda-se, ainda, a inserção do município no Cadastro Nacional de Municípios com Áreas Suscetíveis à Ocorrência de Deslizamentos de Grande Impacto, Inundações Bruscas ou Processos Geológicos ou Hidrológicos Correlatos, criado pela Lei n. 12.608/12 e regulamentado pelo Decreto Federal n. 10.692/2021.**

Como destacado pelo especialista Délton de Carvalho, é fundamental assegurar o alinhamento das medidas adotadas no PLANO RIO GRANDE com as normas da POLÍTICA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL (PNPDEC) e com os instrumentos instituídos por esta, visando tornar o sistema mais eficiente e seguro juridicamente. Esta inclusão pode se dar voluntariamente, por iniciativa do próprio Município, através da autodeclaração ou, caso isso não ocorra, pela indicação do Estado, nos termos do art. 3º do Decreto Federal n.10.692/2021.

Destaca-se, ainda, que a elaboração de eventual projeto de Sistema de Proteção de Cheias para o Município de Eldorado do Sul deve ser condicionada não apenas à confecção de um Mapa de Riscos Municipal, mas à adoção, em nível de Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental, de medidas restritivas à ocupação do uso do solo ou de modo construtivo compatíveis com a prevenção e a mitigação dos riscos diagnosticados. **Recomenda-se que seja prevista a ordenação do uso do solo a partir das informações detalhadas de Mapa de**

Risco, traduzidas em limitações urbanísticas no Plano Direito e previsões técnicas no código de obras municipal.

Finalmente, **considera-se fundamental a recomendação do especialista no sentido de que seja confeccionado um PLANO DE CONTINGÊNCIA** para o Município de Eldorado do Sul de forma, além de outros cenários, a antecipar quais as ações necessárias em uma possível ruptura ou extravasamento dos diques objeto do eventual Projeto. Esse estudo deve orientar a gestão municipal, a população impactada e as autoridades relacionadas acerca dos seguintes itens, pelo menos:

- áreas potencialmente atingidas,
- sistema de alerta a ser adotado
- rotas de fuga e pontos seguros para proteção da população;
- ações de resposta a serem desenvolvidas;
- responsabilidade e governança em situação de emergência;
- frequência, escopo e responsabilidades sobre exercícios simulados, com participação da população e dos órgãos competentes.

k. Sobre a implantação de SISTEMAS DE ALERTA e MODELOS DE PREVISÃO DE EVENTOS

Como citado no item anterior, **recomenda-se** que seja reforçada, na elaboração do Projeto do Sistema de Proteção contra Cheias do Município de Eldorado do Sul, a importância da **implantação de sistema de alerta estruturado para que seja possível comunicar de forma antecipada, rápida e ampla a ocorrência de situações de risco à população.**

A comissão considera que sistemas de alertas são necessários e recomendáveis como elementos complementares à realização de obras estruturais. A combinação de sirenes, treinamento e protocolos de ação, associados à educação continuada da população sobre como se comportar em situações de emergência, pode ser vital para reduzir riscos e mitigar danos pelo abandono organizado e precoce de locais de maior risco.

Obviamente, para que os sistemas de alerta sejam efetivos é necessário contar com modelos de previsão de enchentes ou deslizamentos de encostas. Dessa forma, consideramos fundamental **recomendar que se invista em modelos matemáticos hidrológicos de chuva-vazão e de previsão de áreas alagáveis de qualidade abastecidos com dados abundantes e confiáveis para a região do delta**, que podem abastecer os sistemas de alerta do município de Eldorado do Sul e de outros municípios da RMPA.

Com base em manifestação do especialista Walter Collischonn, **recomenda-se**, ainda, **que a operação do SPCC de Eldorado do Sul inclua ponto de monitoramento do rio Jacuí no trecho crítico para as inundações da principal área urbana do município**. Por conveniência de acesso e segurança contra o vandalismo, este ponto poderia estar localizado no terminal portuário do Polo Petroquímico, ou na localidade de Morretes, junto à foz do rio Caí, dada a proximidade destes dois locais com o trecho de interesse do rio Jacuí. Segundo o especialista, a existência deste ponto de monitoramento facilitará a geração de resultados específicos e adequados para as necessidades da cidade de Eldorado do Sul.

1. Sobre PLANEJAMENTO ESPACIAL RESILIENTE E ADAPTATIVO

Como sugerido pela especialista Taneha Bacchin, para apoiar o processo de ordenamento territorial integrado à gestão de risco de inundações, recomenda-se o uso de uma abordagem dinâmica ao planejamento espacial. Essa abordagem visa desenvolver um plano adaptativo que possa lidar com condições de grande incerteza.

O plano adaptativo estabelece ações imediatas para se preparar para cenários futuros próximos, além de manter opções de adaptação para cenários mais distantes, caso seja necessário. Um dos principais componentes desse plano é a exploração de trajetórias de adaptação. Além disso, um sistema de monitoramento contínuo e estruturado coleta informações relevantes e fornece sinais antecipados para um sistema de alerta (cuja implantação é recomendada

em item específico), contribuindo para a implementação dinâmica e em tempo hábil de ações ou a reavaliação de planos prévios em função de cenários específicos.

m. Sobre a consideração da POSSIBILIDADE DE REMOÇÕES E REALOCAÇÕES

Como apontado pelo especialista Carlos Nobre, é um princípio humanitário e recomendável avaliar exaustivamente a possibilidade de remoção de habitações em áreas muito suscetíveis a desastres, para reduzir a exposição de pessoas a situações de alto risco. No presente caso, como indicado pelo especialista Walter Collischonn, a urbanização do município está consolidada e o número de habitantes é considerável. Essa situação fática, aliada a questões socioeconômicas e de pertencimento histórico, torna inviável a realocação total da área urbana de Eldorado, que, como foi evidenciado, se encontra em posição geográfica bastante suscetível a grandes enchentes, que podem afetar grande parte da área urbana.

Diante da situação, e considerando as manifestações dos membros da comissão, o relator considera que, como citado no relatório, há limitações na capacidade de remoção ou relocação, e é necessário e recomendável trabalhar em sistemas de proteção contra cheias com elementos estruturais. Porém, **recomenda-se que, no desenvolvimento do projeto do sistema, sejam revisadas e consideradas situações excepcionais de alto risco nas quais a remoção e relocação seja recomendável**, o que demanda a consideração de aspectos técnicos, econômicos e de planejamento urbano, para que não haja a reocupação das áreas onde foram eventualmente realizadas remoções.

n. **Sobre a adoção de MEDIDAS DE RESTRIÇÃO DE ÁREAS OCUPÁVEIS e ESTÍMULO A HABITAÇÕES ADAPTADAS no Plano Diretor Municipal**

Para reduzir a vulnerabilidade da população local a eventos de inundações, e considerando que as obras propostas não abarcam a totalidade do município, recomenda-se que sejam realizados estudos adicionais visando definir áreas nas quais deveriam ser adotadas medidas restritivas à ocupação do uso do solo e/ou de estímulo a modos construtivo compatíveis com a prevenção e a mitigação dos riscos diagnosticados. Como destaca o especialista Delton Carvalho, tais medidas devem ser proporcionais aos riscos diagnosticados e não podem ser discriminatórias. Atualmente, o Plano Diretor de Eldorado do Sul (Lei Municipal 2.574/2006) prevê de forma muito abrangente a restrição à ocupação de áreas inundáveis, sem recomendável revisar e propor uma nova estrutura com embasamento científico e instrumental legal adequado à magnitude de riscos evidenciando pelos eventos de 2024.

Buscando consolidar as principais recomendações, segue abaixo o parecer consolidado.

5. PARECER DO RELATOR

Considerando os dados e argumentos apresentados no anteprojeto, e as manifestações dos membros da comissão de análise e revisão, considera-se que:

> **a adoção de um sistema de proteção contra cheias para a cidade de Eldorado, contemplando soluções estruturais na forma de diques e outras estruturas, é necessária e justificável, diante da situação fática e impossibilidade de remoção e realocação total da população de áreas urbanas em zonas suscetíveis à inundação.**

Todavia, considera-se que o anteprojeto apresentado **necessita ser revisado/complementado, e um possível futuro projeto deve levar em consideração os aspectos relacionados a seguir**, apresentados aqui de forma

sucinta, mas que foram abordados e explicados em maior detalhe na seção de considerações deste parecer e nas manifestações individuais dos membros da comissão:

- Atualização de dados de ocupação, área urbana e habitações afetadas para implantação de cada alternativa;
- Revisão das cotas de coroamento das estruturas, considerando a dinâmica das cheias ao longo da área do município, e considerando os dados da cheia de 2024;
- Adoção de Soluções não estruturais complementares às estruturais;
- Reestruturação do sistema de drenagem municipal;
- Considerações de soluções de transposição para a BR-290;
- Modelagem hidrodinâmica e consideração de situação de galgamento;
- Elaboração de Plano de Emergência em caso de falha do sistema;
- Revisão possibilidade/necessidade de remoções e realocações em alguns locais mais suscetíveis a cheias;
- Projeto e adoção de Sistemas de Alerta para redução de riscos à população, baseado em modelos de previsão adequados e abastecidos por rede de monitoramento pluviométrico, de nível e vazão;
- Organização de governança adequada para gestão e conservação do sistema de proteção contra cheias;
- Revisão dos enquadramentos legais do município para atendimento à legislação e cuidados com situações de risco;

Além disso, cabe destacar, com base em observação do especialista em hidrologia Walter Collischonn, que a eventual implantação de um SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA CHEIAS, com emprego de elementos estruturais na cidade de Eldorado do Sul, **NÃO DEVE SERVIR** como elemento de suporte para justificar a viabilidade de novas ocupações de áreas de várzea na região de Eldorado.

Como destaca o especialista: “O aumento de áreas protegidas por diques resulta em uma redução das áreas que podem ser ocupadas livremente pelas águas dos rios, um processo que resulta no amortecimento das vazões e níveis máximos. Quanto maiores as áreas de planície protegidas por diques, menor é o amortecimento das cheias, e maiores são as vazões e cotas máximas em locais a jusante.”

Ou seja, a proteção da cidade de Eldorado do Sul com diques resultará em uma redução da área alagável e os volumes de água num evento extremo terão que se acomodar em outras regiões, provavelmente resultando num aumento do nível da água nessas regiões. Nesse sentido, as obras de proteção contra cheias da RMPA devem ser consideradas em seu conjunto para que se entenda os impactos regionais e locais de cada uma delas.

De forma geral, como recomendado pela especialista Taneha Bacchin, **sugere-se que seja adotado no eventual projeto do Sistema de Proteção contra Cheias de Eldorado do Sul uma abordagem de segurança multicamadas com articulação de três estratégias principais: defesa contra inundações com medidas preventivas e estruturais, adaptação espacial por meio de planejamento resiliente, e evacuação e gestão de desastres**. Esse tipo de abordagem inclui não somente as tradicionais medidas estruturais, mas também integra o planejamento espacial resiliente, utilizando um design paisagístico e ambiental que se alinha ao ordenamento territorial, além de incorporar a gestão de desastres.

É essencial, ainda, enfatizar que as camadas de adaptação espacial e gestão de desastres não substituem as medidas estruturais preventivas. Em vez disso, elas atuam como complementos, fornecendo suporte adicional e aumentando a capacidade adaptativa do sistema frente às dinâmicas socioambientais e climáticas. O objetivo final é reduzir tanto a probabilidade quanto as consequências das inundações, através da colaboração entre diferentes setores, como autoridades de recursos hídricos, planejamento espacial e gestão de desastres.

É o parecer, smj

Porto Alegre, 07 de agosto de 2024

Luiz Carlos Pinto da Silva Filho (Relator)

Membros Especialistas da comissão: Carlos Nobre; Délton Carvalho; Taneha Kuzniecow Bacchin; Walter Collischonn

6. CONSIDERAÇÕES DA SECRETARIA EXECUTIVA SOBRE O PARECER

O parecer final do projeto de contenção de cheias para o município de Eldorado do Sul foi elaborado pelo relator, o Professor Luiz Carlos Pinto da Silva Filho, subsidiado pelos pareceres individuais de um grupo de pareceristas especialistas nas áreas de engenharia, hidrologia, monitoramento e alerta, urbanismo e direito. O objetivo da formação de um grupo com essas especialidades foi obter um parecer que representasse uma análise do projeto no que tange o seu potencial na construção de resiliência, levando em consideração as consequências geradas na região em razão do evento extremo que atingiu o Rio Grande do Sul em maio de 2024.

A Secretaria Executiva do Comitê Científico concorda com o parecer do relator e reforça algumas das questões apontadas e que suscitaram discussões adicionais na Reunião Ordinária no 7 do Comitê Científico, onde os resultados foram apresentados.

A apresentação realizada pelo relator demonstrou que o parecer está bem amplo e aborda questões importantes relacionadas tanto às questões técnicas do projeto de engenharia, como também outras questões relacionadas ao planejamento do uso e ocupação do solo e formas de adaptação para a realidade geográfica do município.

Quanto às questões técnicas relacionadas ao projeto de engenharia, o relator deixou bem claro a necessidade de revisão de diversos elementos construtivos dos diques, bem como para drenagem dentro dos pôlderes. O critério de projeto adotado, no projeto original, para definição da cota de coroamento dos diques, determinada pelo nível máximo observado na cheia de 1941, deve ser verificado a partir das condições hidrológicas observadas no evento de 2024.

Outra consideração importante a ser reforçada aqui é a menção feita pelo Professor Walter Collischonn sobre a insuficiência no número de levantamentos das seções transversais do rio Jacuí. Conforme mencionado pelo professor na reunião, para a realização do projeto foram feitos levantamento em somente 5 seções transversais, sendo este número muito pequeno para representar a

dinâmica hídrica na região. O trecho do rio na área de abrangência do projeto é bastante particular, tendo a presença de várias ilhas que modificam os caminhos da água, sendo fundamental entender o comportamento real das águas para estabelecer os critérios de dimensionamento de um projeto que visa proteger 40.000 pessoas.

Outro ponto importante ressaltado em reunião veio do Prof. Fernando Schnaid, onde ele ressalta a ousadia e complexidade geotécnica do projeto, considerando que está previsto para ser implementado em uma zona costeira com solos moles. Além da área de projeção dos diques, será necessário ter reforços laterais para essa estrutura. O Prof. Schnaid ainda aponta que o dique poderia ser utilizado como solução urbanística, visto que a cidade de Eldorado do Sul desfruta da proximidade da água. Essa estrutura de proteção contra cheias poderia ser construída para permitir a existência de um passeio na sua crista, como forma de deslocamento de pessoas, criando muretas, e, assim, reduzindo alturas e cargas.

Durante a reunião, o Professor Benamy Turkienicz também mencionou questões relativas a essa questão. Apontou que algumas das alternativas de aproveitar o dique como meio de circulação também já haviam sido feitas na última revisão do Plano Diretor do município, mas que não foram materializadas até então. Sendo assim, acredita-se ser fundamental revisitar o Plano Diretor na revisão do projeto de contenção contra cheia, no sentido de repensar as formas de uso dos diques, além de rever os critérios de ocupação e restrição para algumas áreas de Eldorado.

Outro ponto fortemente ressaltado pelo grupo foi a necessidade de não olhar este projeto de engenharia de forma isolada no contexto do município, mas sim considerar o aspecto de bacia hidrográfica e as suas consequências em outros municípios. Durante as discussões na reunião, foi sugerido pelo Professor Walter Collischonn que existiria a possibilidade da adoção de uma medida estrutural em parte da área territorial do município com a finalidade de controlar as cheias em toda a região metropolitana de Porto Alegre, através da execução de um canal

que conecte o rio Jacuí diretamente ao Saco de Santa Cruz, localizado bem em frente ao município de Eldorado.

Neste sentido, conforme sugerido pelo Prof. Collischonn, a revisão do projeto básico do dique de proteção na cidade de Eldorado do Sul deveria levar em conta que existe a possibilidade de que venha a ser proposta a construção de um canal de desvio do rio Jacuí que passaria pela área do município. Salienta-se que esse canal chegou a ser sugerido em algum momento do passado e não é impossível que volte a ser sugerido nos próximos estudos que venham a ser realizados. A localização do canal poderia ser conforme ilustrado na figura abaixo. Destaca-se, no entanto, que isso, eventualmente, implicaria em uma certa restrição de urbanização em certas áreas de Eldorado e, por este motivo, mesmo que essa medida não seja executada nesse momento, seria necessário considerar essa possibilidade ao prever as realocações.

Figura 1 - Ilustração da localização de uma proposta de canal extravasor para aliviar as cheias na região de Canoas e Região Metropolitana de Porto Alegre



ANEXOS

a. Parecer individual de Walter Collischonn - consultor *ad hoc* (UFRGS)

b. Parecer individual de Délton Winter de Carvalho - membro fixo (UNISINOS)

c. Parecer individual de Carlos Afonso Nobre - membro fixo (USP)

Análise do Projeto de Proteção contra Cheias em Eldorado/RS, no âmbito das ações do Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática

Walter Collischonn

IPH UFRGS

1 Introdução

Este parecer trata do relatório intitulado Estudos e Projeto Conceitual de Proteção Contra Cheias do Delta do Jacuí em Eldorado do Sul (código 1558-R-ECP- FIN-01-01), finalizado em 2017. Os estudos apresentados visaram a elaboração de um anteprojeto de um sistema que proteja a sede do município de Eldorado do Sul (RS) das recorrentes enchentes que a atingem. O relatório foi elaborado pela empresa Magna Eng. Ltda, que foi contratada pela METROPLAN.

O objetivo é apresentar uma opinião, do ponto de vista da hidrologia, se a proposta de projeto apresentada se mostra adequada para as condições climáticas atuais, tendo como referência as últimas cheias ocorridas no Delta do Jacuí nos meses de setembro e novembro de 2023 e, principalmente, a que gerou o desastre de maio de 2024.

O meu parecer está orientado a responder as perguntas norteadoras da análise:

- O projeto está adequado para o novo contexto climático observado nos últimos anos no Rio Grande do Sul? Se não estiver, qual o motivo?
- Existem questões no projeto que deveriam ser alteradas? Por quê?
- Você identifica lacunas importantes quanto à efetividade dessa medida estrutural na mitigação dos riscos de inundação na área de abrangência do projeto? Quais seriam elas?
- Você teria recomendações e sugestões adicionais que deveriam ser consideradas na elaboração final do projeto, bem como na sua execução?
- Além do projeto em si, existem atividades complementares que deveriam ser realizadas de forma concomitante e/ou pós-obra para a obtenção de sucesso na redução de riscos e desastres na localidade contemplada pelo projeto?

2 Sobre o tipo de medida de controle adotada

Entre as várias medidas de controle possíveis para reduzir os impactos de inundações na cidade de Eldorado do Sul, o estudo da Magna praticamente não analisa outras medidas, e passa a detalhar a medida de controle por diques, drenagem interna e casas de bombas.

A cidade de Eldorado do Sul é de ocupação relativamente recente. O crescimento populacional foi intenso a partir da década de 1970, em função da proximidade com a cidade de Porto Alegre. O município foi emancipado apenas em 1988. Em 1991 a população era inferior a 18 mil pessoas. No censo de 2022 a população atingiu quase 40 mil pessoas. Todo este crescimento ocorreu no período posterior às grandes cheias de 1967, e, principalmente, 1941. Assim, a população não manteve nenhuma memória destes desastres.

O município apresenta uma região mais a Leste, próxima aos rios Jacuí e Guaíba, que é extremamente plana e de baixa altitude, com cotas tipicamente inferiores a 10 m, e uma região mais elevada a Oeste, com cotas que se aproximam e até excedem os 100 metros. A sede do município e a principal ocupação urbana, entretanto, estão localizadas na parte baixa no extremo Leste do município, especialmente ao longo da BR-290.

A ocupação urbana da região baixa, especialmente ao norte da BR-290 pode ser considerada, retrospectivamente, um equívoco de planejamento de desenvolvimento urbano que, provavelmente, somente ocorreu em função do rápido desenvolvimento da região em um período entre 1967 e 2015 em que quase não ocorreram cheias significativas no Jacuí e no Guaíba.

No estágio atual de ocupação, a solução de proteção da zona urbana consolidada da cidade com diques me parece a opção mais adequada, apesar dos riscos envolvidos. As razões para esta percepção são as que seguem:

- Outros tipos de soluções com métodos estruturais, como canais de desvio, aprofundamento ou ampliação do leito, barragens e reservatórios de controle de cheias são inadequados na bacia hidrográfica do rio Jacuí e seus afluentes.
- A população atual de 40 mil pessoas é muito grande para ser deslocada para um novo centro urbano.

Entretanto, a solução baseada na construção de diques deve ser revisada e complementada por medidas não estruturais conforme sugerido adiante.

Além disso, a solução de proteção da cidade de Eldorado do Sul com diques não deve ser usada como estímulo para novas ocupações em áreas de várzea na RMPA. O aumento de áreas protegidas por diques resulta em uma redução das áreas que podem ser ocupadas livremente pelas águas dos rios, um processo que resulta no amortecimento das vazões e níveis máximos. Quanto maiores as áreas de planície protegidas por diques, menor é o amortecimento das cheias, e maiores são as vazões e cotas máximas em locais a jusante. Assim, a proteção da cidade de Eldorado do Sul com diques resultará em um aumento no nível da água durante as cheias em Porto Alegre e Canoas.

3 Sobre a análise estatística de cotas máximas

Na cidade de Eldorado do Sul não existe um posto fluviométrico ou régua linimétrica com uma série de dados histórica suficiente para uma análise estatística de eventos extremos. Por este motivo, o estudo hidrológico se baseou em cotas observadas do rio Jacuí em São Jerônimo e do rio Guaíba, em Porto Alegre.

Para subsidiar a definição da cota do coroamento dos diques, o relatório apresenta uma análise das cotas máximas em Porto Alegre considerando os tempos de retorno de 2 a 100 anos, e conclui que as cotas máximas têm valores entre 2,77m e 4,30m.

Neste ponto é relevante avaliar se o tempo de retorno de 100 anos é adequado, ou não, para o dimensionamento de diques de proteção contra inundações em cidades.

Alguns autores sugerem que diques devem ser dimensionados com base em eventos de cotas máximas de 50 a 200 anos de tempo de retorno. Entretanto, o tempo de retorno considerado para o dimensionamento de um dique deveria ser adaptado ao risco associado com a eventual falha deste dique. Uma eventual falha do dique a ser construído em Eldorado do Sul colocaria em perigo uma população de quase 40 mil pessoas, portanto este dique pode ser considerado de alto risco, Ponce sugere que o tempo de retorno de diques de alto risco, deveria ser de 200 a 1000 anos (https://ion.sdsu.edu/periodo_de_retorno_portugues.html).

Considerando que o SPCC baseado em um dique deve funcionar e oferecer proteção à cidade ao longo de uma vida útil de diversas décadas, é interessante avaliar as probabilidades de ocorrência de falhas ao longo desta vida útil. A probabilidade de ocorrer ao menos um evento de TR 100 anos, ou maior, ao longo de um período de 50 anos é de 39%. Considerando uma vida útil de 70 anos, esta probabilidade já chega a 51%. Em outras palavras, se o dique é dimensionado com base no evento de cheia com tempo de retorno de 100 anos, e considerando uma

vida útil de 70 anos, a chance de o dique falhar durante sua vida útil é maior do que a chance de ele não falhar.

Repetindo esta análise com o TR de 1000 anos, as probabilidades de falha caem para 5% ao longo de uma vida útil de 50 anos e 7% ao longo de uma vida útil de 70 anos.

Estes resultados demonstram que é muito alta a probabilidade de falha de um dique projetado com base na cheia de 100 anos, e que é baixa, mas não desprezível a probabilidade de falha mesmo que o dique seja dimensionado para a cheia de 1000 anos.

Não é demais lembrar que as estimativas de vazões máximas possuem uma incerteza considerável, e que em alguns rios do RS foram superadas, em 2010, 2023 e 2024 vazões máximas às quais se atribuíram tempos de retorno de 1000 anos, ou até 10.000 anos.

4 Sobre a cota de coroamento adotada no projeto

O estudo concluiu que seria adequado utilizar a cheia de 1941 como base para definição da cota de coroamento dos diques de proteção de Eldorado do Sul. Assim, a cota máxima de 6,00m do trecho da BR290/BR116 que intercepta Eldorado do Sul foi adotada como cota de coroamento dos diques.

Entretanto, sugiro que a cota de coroamento do dique em 6,00 m deve ser reavaliada, com base em três informações relevantes:

1. possíveis observações de marcas da cheia de 2024 em Eldorado do Sul;
2. a declividade da linha da água;
3. os possíveis impactos das mudanças climáticas.

4.1 Possíveis observações de marcas de cheia de 2024 em Eldorado do Sul

É possível que o nivelamento de marcas da cheia de 2024 em Eldorado do Sul revele que a água tenha superado a altitude ortométrica de 6,00 metros, especialmente no contorno Norte da zona urbana.

O Sistema de Proteção Contra Cheias de Porto Alegre foi dimensionado com um critério relativamente simples. Tomou-se a cota da maior cheia conhecida (4,76 metros) e se adotou a cota 6,00 metros, para dar folga para cheias ainda maiores, e com a presença de ondas.

Na prática, o dimensionamento foi feito considerando a crista do coroamento dos diques e do muro com cota 1,24 m acima da cota da maior cheia observada.

Caso o SPCC de Porto Alegre fosse projetado atualmente, após a cheia de 2024, e caso fosse adotado o mesmo critério de dimensionamento, a cota do coroamento adotada seria de 6,59 metros, que equivale aos 5,35 da cota máxima no dia 05 de maio de 2024, mais a folga de 1,24 do critério de dimensionamento adotado após a cheia de 1941. Em outras palavras, caso houvesse oportunidade para dimensionar novamente o SPCC de Porto Alegre, a cota de coroamento adotada possivelmente seria maior do que 6,00 metros. Este é um dos motivos pelos quais a cota de coroamento de 6,00 metros em Eldorado do Sul, parece ser inadequada.

4.2 Declividade da linha da água

A inundação da sede do município de Eldorado do Sul ocorre por aumento do nível do rio Jacuí, no trecho entre Eldorado do Sul e Triunfo, localizado ao norte da principal área urbana. Em situações de vazões baixas, o nível da água do rio Jacuí neste trecho é apenas poucos cm superior ao nível da água do rio Guaíba em Porto Alegre. Já em situações de vazões altas, o nível do rio Jacuí é significativamente maior do que o nível do Guaíba.

Possa (2024) utilizou um modelo hidrodinâmico para simular o comportamento da cheia de 1941 em toda a bacia da Laguna dos Patos, e detalhou os resultados na região que inclui o rio Jacuí e o rio Guaíba. Esta autora encontrou uma diferença de 1,43 metros entre o nível da água do rio Jacuí, ao Norte da área urbana de Eldorado do Sul, e do rio Guaíba, junto ao centro histórico de Porto Alegre. Considerando que a distância entre estes dois pontos é de, aproximadamente, 12 km, a declividade da linha da água encontrada por Possa (2024) é de 12 cm por km.

A alta declividade da linha da água encontrada nas simulações hidrodinâmicas de Possa (2024) foi confirmada por medições com o recentemente lançado satélite SWOT, descritas por Laipelt et al. (2024). Estes autores encontraram declividades da ordem de 10 cm por km entre o rio Jacuí ao Norte da zona urbana de Eldorado do Sul, e o rio Guaíba junto ao centro histórico de Porto Alegre.

Estes valores podem ser verificados com base no nivelamento de marcas da cheia de 2024 nos dois locais (Eldorado do Sul e Porto Alegre). De qualquer forma, é razoável considerar que o nível da água nas inundações de Eldorado do Sul é de 1,0 a 1,5 metros mais alto do que nas inundações junto ao centro histórico de Porto Alegre.

Isto significa que a cota máxima de cheia do rio Jacuí, que causa as inundações na cidade de Eldorado do Sul, é de 1,00 a 1,50 metros mais alta do que a cota de

referência utilizada nos estudos que resultaram na adoção da cota 6,00 metros para o sistema de proteção contra cheias de Porto Alegre.

Considerando que esta mesma diferença tenha ocorrido em maio de 2024, a altitude ortométrica máxima da cheia do rio Jacuí em 2024 em Eldorado do Sul muito provavelmente superou os 6,00 metros.

Considerando a cota máxima em Porto Alegre como 5,35 m (medido em relação ao zero da régua, a partir das marcas de cheia pelo SGB), ocorrida no dia 05 de maio, e a declividade de 10 cm/km, o rio Jacuí no trecho imediatamente ao Norte de Eldorado do sul pode ter atingido uma cota próxima de 6,50 metros. Mesmo considerando a diferença entre o zero da régua e o zero ortométrico, ainda é muito provável que um dique em Eldorado do Sul, com coroamento na cota 6,00 metros, tivesse sido galgado em maio de 2024.

Assim, caso o sistema de proteção contra cheias de Eldorado do Sul já estivesse em operação em 2024, e caso tivesse sido construído com a cota de coroamento definida no relatório da Magna, é muito provável que o dique tivesse sido galgado e que a cheia teria atingido a cidade. Os impactos, então, teriam sido ainda piores do que foram, porque a população estaria menos preparada para a inundação, pois estaria confiando na proteção dos diques.

Finalmente, é importante comentar que a cota de 6,00 metros, se fosse adotada em um SPCC em Eldorado do Sul, estaria associada a uma cheia com TR mais baixo do que aquele adotado para o SPCC de Porto Alegre. Isto também ocorreria por conta da declividade da linha da água durante as cheias. E não é razoável considerar que sejam adotados tempos de retorno diferentes para a proteção contra cheias em duas cidades tão próximas, e ambas com número significativo de pessoas em perigo.

Com base nas estimativas de declividade disponíveis atualmente, pode se estimar que um evento de cheia que atingisse a cota 6,00 junto ao centro histórico da cidade de Porto Alegre, atingiria uma cota de 7,00 a 7,50 metros no rio Jacuí, ao Norte de Eldorado do Sul.

4.3 Possíveis impactos das mudanças climáticas

Em Porto Alegre, no rio Guaíba, a cota de 3,00 metros foi superada apenas 4 vezes nos 124 anos entre 1899 e 2023. Mais recentemente, no período de setembro de 2023 a maio de 2024, já ocorreram 3 episódios em que o nível da água do rio Guaíba superou os 3,00 metros no cais no centro de Porto Alegre, sendo o maior deles em maio de 2024. No rio Taquari, em Lajeado, 7 das 9 maiores cheias registradas no histórico de 1939 a 2024 ocorreram no período posterior ao ano 2000. Além disso,

as três maiores cheias da história aconteceram nos 8 meses entre setembro de 2023 e maio de 2024 (Moraes et al., 2024).

Este aumento da frequência e magnitude dos eventos de vazões máximas na região Sul está de acordo com projeções de impactos da mudança climática na hidrologia do Brasil, conforme resultados de projeto de pesquisa desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) financiado pela Agência Nacional de Águas de Saneamento Básico (ANA) (Paiva et al., 2024a), além de outras pesquisas (Brêda et al., 2023; Petry et al., 2023).

Neste contexto, é importante considerar que o histórico do passado não necessariamente serve de base confiável para estimar a magnitude dos eventos extremos que poderão ocorrer ao longo do século XXI, ou seja, a premissa da estacionariedade estatística deve ser revista.

Uma Nota Técnica elaborado recentemente por pesquisadores do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS (Paiva et al., 2024b) sugere alguns critérios relativamente simples para a estimativa atualizada de variáveis hidrológicas como vazões máximas e cotas máximas, a serem utilizadas em projetos de infraestrutura e no planejamento, com uma visão para o século XXI, levando em conta as necessárias adaptações para os prováveis efeitos das mudanças climáticas.

A Nota Técnica do IPH UFRGS sugere que o impacto da mudança climática deverá ser representado por um aumento na magnitude ou por uma alteração na frequência do evento, considerando o critério mais restritivo entre os itens a seguir:

A. a magnitude da vazão máxima, no caso de cheias com TR maior do que 10 anos, deve ser aumentada em 20%;
B. o Tempo de Retorno adotado para estimar variáveis com base no histórico passado deve ser majorado em relação ao pretendido para o futuro no estudo/projeto de tal forma que um dique, que seria recomendado para ser dimensionado com TR igual a 200 anos, deveria ser dimensionado para uma cheia com TR igual a 800 anos.

Além disso, a Nota Técnica sugere que projetos de infraestrutura de grande porte, para os quais são adotados, usualmente, Tempos de Retorno de 50 anos ou mais, devem ser capazes de superar a maior cheia do histórico, independentemente do Tempo de Retorno estimado para esta cheia.

Estas duas recomendações, junto com as observações anteriores, do item 4, sugerem que a cota de coroamento de 6,00 metros, adotada no caso do dique projetado para Eldorado do Sul, é inadequada.

5 Outras limitações dos estudos

Aqui foram elencadas ainda outras limitações dos estudos descritos no relatório da Magna.

5.1 Modelagem hidrodinâmica com carência de dados

Foram levantadas apenas cinco seções transversais no rio Jacuí. Esse número pode ser suficiente para uma etapa preliminar de anteprojeto, mas é muito baixo para uma análise mais detalhada. Para um estudo que envolve a segurança de mais de 40 mil pessoas, seria recomendável um levantamento muito mais detalhado, com uma seção transversal a cada 1 ou 2 km, ao longo de um trecho de 60 km, totalizando 30 a 60 seções transversais. Além disso as seções transversais deveriam se estender pela planície, nas duas margens do rio.

5.2 Modelagem hidrodinâmica unidimensional

No estudo descrito no relatório foi realizada a modelagem hidrodinâmica considerando o fluxo unidimensional. O evento de cheia de maio de 2024 revelou que esta é uma simplificação grave, já que boa parte do fluxo ocorreu por sobre a planície, e por sobre as ilhas.

Idealmente o projeto do sistema de proteção contra cheias deveria ser reavaliado com base em simulações hidrodinâmicas bidimensionais, considerando que, no evento de 2024, houve escoamento direto por sobre a planície, através da zona urbana de Eldorado do Sul, diretamente do rio Jacuí, ao Norte, para o saco de Santa Cruz, no Guaíba. Neste caso, a batimetria do rio deveria ser ainda mais detalhada e complementada com um levantamento topográfico detalhado (1 x 1 m, com acurácia de alguns cm) de toda a área inundada em 2024.

5.3 Drenagem interna da área protegida pelos diques

O dimensionamento da rede de drenagem interna da área urbana protegida descrito no relatório também poderia ser reavaliado. A chuva de projeto adotada provavelmente não considera uma possível intensificação das chuvas extremas ao longo das próximas décadas.

A Nota Técnica do IPH (Paiva et al., 2024b), baseada em projeções de impactos de mudanças climáticas sobre chuvas intensas ao longo do século XXI, sugere que seria necessário aumentar em 20% as chuvas de projeto estimadas com base em séries históricas atuais.

A avaliação da atenuação da vazão de pico por efeito de armazenamento nos canais foi efetuada através de propagação da onda de cheia utilizando a

metodologia de Muskingum-Cunge, que não é adequada para as condições de baixa declividade existentes na cidade de Eldorado do Sul.

5.4 Ausência de extravasor de emergência nos diques

O anteprojeto dos diques não prevê a possibilidade de ocorrência de uma cheia com cota máxima superior à cota de coroamento dos diques. Por mais que a probabilidade seja baixa, a possibilidade de ocorrência de uma cheia maior do que a considerada no dimensionamento do sistema de proteção não pode ser descartada.

Assim, é necessário que o Sistema de Proteção conte com um Plano de Contingência, ou um Plano de Ação Emergencial. Além disso, a estrutura deve ser adaptada para permitir a entrada da água na área protegida de uma forma gradual e segura, quando a capacidade do dique for excedida.

O dique deveria ter uma ou mais porções rebaixadas, com as características de um vertedor, para permitir que a água entre na região protegida de forma gradual, sem provocar erosão e sem colocar em risco a segurança do próprio dique.

A ausência desse tipo de estrutura pode resultar em um rompimento do dique por galgamento justamente nas suas partes mais frágeis, e a consequente inundação repentina da área urbana, sem tempo para aviso e evacuação.

6 Recomendações e sugestões

6.1 Levantamentos batimétricos e topográficos

No item seguinte é sugerida a realização de uma nova modelagem hidrodinâmica das cheias em torno de Eldorado do Sul.

Para apoiar esta modelagem hidrodinâmica será necessário um levantamento batimétrico mais detalhado do que o que foi utilizado nos estudos descritos no relatório da Magna.

O levantamento batimétrico a ser realizado deverá ser contínuo, gerando um MDT do leito do rio Jacuí desde São Jerônimo até o delta, com resolução de 5 x 5 metros, ou seções transversais espaçadas de 1 km, ou menos.

Considerando que durante cheias extraordinárias boa parte do escoamento ocorre fora da calha menor do rio, e com velocidades consideráveis, sugere-se que seja realizado um levantamento topográfico detalhado (1 x 1 m, com acurácia de alguns cm) de toda a área inundada em 2024.

6.2 Realizar uma modelagem hidrodinâmica bidimensional

A cheia de maio de 2024 deixou claro que em eventos extremos o escoamento não se limita aos cursos da água lineares ativos em períodos normais. Há diversas evidências de que houve escoamento direto por sobre a planície, através da zona urbana de Eldorado do Sul, diretamente do rio Jacuí, ao Norte, para o saco de Santa Cruz, no Guaíba.

Para representar este fenômeno é necessário realizar uma modelagem hidrodinâmica bidimensional de todo o sistema, desde a confluência dos rios Taquari e Jacuí até o extremo Norte da Lagoa dos Patos, nos cenários SEM e COM os diques de Eldorado do Sul.

Numa etapa inicial, em um cenário SEM os diques, o objetivo da modelagem será reproduzir as cotas máximas observadas na cheia de maio de 2024.

Numa etapa posterior, em um cenário COM os diques, o objetivo da modelagem será avaliar as cotas máximas simuladas em diferentes pontos ao longo do sistema de diques.

6.3 Readequar a cota de coroamento do dique

Os eventos recentes deixaram claro que a cota de coroamento do dique projetado em Eldorado do Sul é excessivamente baixa. Caso já tivesse sido construído, este dique possivelmente teria sido galgado na cheia de maio de 2024.

Sugere-se revisar a cota adotada para o coroamento do dique considerando:

- marcas da cheia de 2024 em Eldorado do Sul, especialmente no extremo Norte da área a ser protegida pelos diques;
- adotar um tempo de retorno semelhante ou maior ao proporcionado pelo SPCC da cidade de Porto Alegre, levando em conta a declividade da linha da água ao longo da distancia entre as duas cidades durante as cheias;

Caso se decida por reavaliar e redimensionar o projeto sugere-se que sejam consideradas as recomendações da Nota Técnica do IPH intitulada *Critérios hidrológicos para adaptação à mudança climática: Chuvas e cheias extremas na Região Sul do Brasil* (Paiva et al. 2024b). Isto significa que um tempo de retorno entre 350 e 1000 anos seria recomendável, já considerando a questão das mudanças climáticas.

A viabilidade do dique deve ser reavaliada, considerando que sua altura a partir do terreno atual será maior do que o inicialmente projetado.

A readequação da cota de coroamento dos diques deverá ser realizada com base nos resultados da modelagem hidrológica bidimensional descrita no item anterior.

A nova cota de coroamento do dique será superior à cota da BR-290. Por este motivo a modelagem hidrodinâmica deverá apontar, também, se a BR-290 constitui uma fragilidade para o sistema de diques. Também deverá ser considerada a possível fragilidade do sistema de diques pela presença de viadutos e bueiros ao longo da BR-290.

6.4 Projetar extravasores de emergência

Por mais que a probabilidade seja baixa, a possibilidade de ocorrência de uma cheia maior do que a considerada no dimensionamento do sistema de proteção não pode ser descartada.

Assim, é necessário que o sistema de diques deve ser adaptado para permitir a entrada da água na área protegida de uma forma gradual e segura, quando a capacidade do dique for excedida.

Isto significa que o dique deveria ter uma ou mais porções rebaixadas, com as características de um vertedor, revestido com concreto ou rocha, para permitir que a água entre na região protegida sem provocar erosão e sem causar o rompimento do próprio dique.

6.5 Realizar a modelagem hidrodinâmica de galgamento

Sugere-se que o dimensionamento de um extravasor de emergência, que permita a entrada de água na área protegida sem que ocorra rompimento do dique, deva ser apoiado por estudos de modelagem hidrodinâmica desta situação extrema.

A modelagem hidrodinâmica do galgamento deverá servir também para elaborar um PAE (Plano de Ação Emergencial) que deverá ser colocado em prática na iminência de um galgamento. Este PAE identificará tempos de chegada da onda em diferentes locais e rotas de evacuação ideais para a população.

6.6 Avaliar o impacto regional de diques

A proteção de uma área naturalmente inundável por diques resulta em uma redução do volume de água que deixa o leito do rio e vai para a planície. Em consequência disso, um volume maior de água permanece no leito, o que pode impactar com mais inundações alguma outra região.

A área protegida por diques em Eldorado do Sul é relativamente pequena, mas caso o mesmo tipo de solução passe a ser adotado de forma generalizada na RMPA, ao longo das várzeas dos rios Jacuí, Caí e Sinos, a intensificação das cheias em outros locais, notadamente Porto Alegre, pode não ser desprezível.

Sugere-se que seja realizado um estudo baseado em modelagem hidrodinâmica para identificar os possíveis impactos remotos dos diques, especialmente na intensificação das cheias em outros locais que já são protegidos por diques, como Porto Alegre e Canoas.

Este estudo poderá lançar bases para a definição de um cenário limite de ocupação das várzeas em diferentes municípios.

6.7 Sobre a instituição responsável pelo SPCC

O relatório da Magna também prevê a necessidade estruturar um setor específico na administração municipal que tenha sob sua responsabilidade operar e manter o sistema. Este ponto é especialmente relevante depois do que se observou em cidades como Canoas e Porto Alegre, nas quais os SPCC existentes operaram de forma insatisfatória, com possíveis falhas de gestão.

Além da necessidade de estruturar um setor específico responsável pela operação e manutenção do SPCC, seria prudente sugerir que houvesse um protocolo de auditorias deste setor, por parte de uma entidade fiscalizadora externa e independente. A experiência recente demonstrou que um órgão ou setor responsável pela operação e manutenção do SPCC pode ficar sujeito a decisões políticas que nem sempre incluem o controle de cheias entre as suas prioridades.

6.8 Funcionamento dos diques durante cheias prolongadas

O relatório da Magna considera que partes do dique poderão ser construídos em aterro. Entretanto, o mesmo relatório adverte que as sondagens do solo no qual seria construído o dique apresenta baixa capacidade de suporte. Assim, o dique poderá vir a sofrer rebaixamento por deformação dos aterros.

A cheia de 2024 deixou claro que os diques podem ser exigidos durante longos períodos, ao longo dos quais as suas fragilidades podem resultar em desastres.

Sugere-se que as questões geotécnicas do dimensionamento dos diques sejam tratadas considerando o cenário de inundação prolongado, da ordem de semanas ou até meses.

6.9 Casas de bombas

O anteprojeto prevê casas de bombas com estrutura de “by-pass” equipada com válvulas tipo “flap” para permitir a drenagem por gravidade de vazões durante os períodos que o nível do rio Jacuí estiver baixo, reduzindo assim os custos de energia. É importante reavaliar se esta é a solução mais adequada, tendo em vista as experiências negativas vivenciadas com o sistema de controle de cheias de Porto Alegre durante a cheia de maio de 2024. É necessário garantir que não haverá fluxo no sentido contrário, do Jacuí para dentro da região protegida, mesmo quando

houver diversas falhas no sistema de bombas, incluindo falhas humanas e falta de energia.

Também deverão ser reavaliadas as próprias bombas, com relação às alturas de bombeamento necessárias. Pelo que foi possível entender no relatório da Magna, a altura de bombeamento foi definida com base em uma cheia equivalente à cheia de 1941. Entretanto, a cheia de 2024 superou a cheia de 1941 em cerca de 50 cm em Porto Alegre. Outras cheias futuras poderão superar a cheia de 1941 com uma diferença ainda maior, e isto não poderá ser um impedimento para o funcionamento das bombas.

6.10 Sistema de alerta de cheias

O relatório da Magna prevê que a operação do sistema de proteção de Eldorado do Sul deve ser apoiada por um sistema de alerta de cheias do rio Jacuí e de monitoramento de chuvas na área protegida.

Um sistema de alerta de cheias para Eldorado do Sul deve ser parte de um sistema de alerta de cheias mais geral, para toda a bacia do Jacuí e Guaíba, ou para todo o RS.

Neste ponto cabe comentar que a cidade de Eldorado do Sul, por não estar localizada diretamente à margem do rio Jacuí, não conta com um posto fluviométrico ou régua linimétrica de referência. As referencias utilizadas em Eldorado do Sul normalmente são de réguas linimétricas localizadas em outros municípios, como São Jerônimo, Triunfo, e Porto Alegre.

Sugere-se que a operação do SPCC de Eldorado do Sul deva ser apoiada por um ponto de monitoramento do rio Jacuí no trecho crítico para as inundações da principal área urbana deste município. Por conveniência de acesso e segurança contra o vandalismo, este ponto poderia estar localizado no terminal portuário do Polo Petroquímico, ou na localidade de Morretes, junto à foz do rio Caí, dada a proximidade destes dois locais com o trecho de interesse do rio Jacuí.

A existência deste ponto de monitoramento facilitará a geração de resultados específicos e adequados para as necessidades da cidade de Eldorado do Sul.

Referências

Brêda, J. P. L., de Paiva, R. C. D., Siqueira, V. A., & Collischonn, W. (2023). Assessing climate change impact on flood discharge in South America and the influence of its main drivers. Journal of Hydrology, 619, 129284.

Laipelt, L.; Paiva, R. C. D.; Fan, F. M.; Collischonn, W.; Papa, F.; Ruhoff, A. 2024 SWOT reveals how 2024 disastrous flood in South Brazil was intensified by increased water slope and wind forcing. Geophysical Research Letters (submitted).

Moraes, S. R, Collischonn, W, Buffon, F. T., Eckhardt, R. R. (2024) Revisão e consolidação da série histórica dos níveis das cheias do rio Taquari em Lajeado de 1939 a 2023. Porto Alegre, 2024. Nota técnica. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/. Acesso em: 19 mar. 2024.

Paiva, R. C. D., Collischonn, W., Miranda, P. T., Fagundes, H.O., W., Kolling, A., Castro, L., Rossi, J., Matte, G., Laipelt, L., Alves. W, Petry. I. (2024a). Cooperação em tecnologias para análises hidrológicas em escala nacional. CLIMA: Impactos de Mudanças Climáticas em Extremos de Vazão (Cheias e Estiagens) – Relatório Final. IPH-ANA-HGE-CLIMA-A3. UFRGS: IPH, [Porto Alegre]. ANA, [Brasília].

Paiva, R., Collischonn, W., Miranda, P., Petry, I., Dornelles, F., Goldenfum, J., ... & Fagundes, H. (2024b) Critérios hidrológicos para adaptação à mudança climática: Chuvas e cheias extremas na Região Sul do Brasil. Nota Técnica IPH UFRGS.

Petry, I., Paiva, R. C. D. D., Collischonn, W., Miranda, P. T., Rossi, J. B., Fagundes, H. D. O., ... & Araujo, A. A. (2023). Change of flood discharge frequency in South America in the next decades: assessment of the CMIP6 climate projection. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (25.: 2023: Aracaju). Anais [recurso eletrônico]. Porto Alegre: ABRHidro, 2023.

Possa, T. M. 2024 A grande cheia de 1941 na Bacia Hidrográfica do Guaíba: Possível efeito do vento e potencial efeito dos reservatórios. Tese de Doutorado. IPH UFRGS.

Possa, T. M., Collischonn, W., Jardim, P. F., & Fan, F. M. (2022a). Hydrological-hydrodynamic simulation and analysis of the possible influence of the wind in the extraordinary flood of 1941 in Porto Alegre. RBRH, 27.

DELTON CARVALHO
ADVOGADOS ASSOCIADOS

PARECER JURÍDICO SOBRE O PROJETO DE SISTEMA DE CONTENÇÃO DE CHEIAS PARA ELDORADO DO SUL

PARECERISTA: *Professor Dr. Délton Winter de Carvalho*

Advogado. Professor de Direito Ambiental no Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, nível Mestrado e Doutorado. Pós-Doutor University of California, Berkeley, CA, USA (2013), com tutoria do Prof. Dr. Daniel Farber. Pós-Doutor pela Loyola University, New Orleans, USA (2024), com tutoria do Prof. Dr. Robert Verchick. Doutor e Mestre em Direito Público, UNISINOS. Líder do Grupo de Pesquisa Direito, Risco e Ecocomplexidade (CNPq/PPGD UNISINOS). Professor Visitante na Berkeley School of Law. Visiting Scholar na Loyola University, New Orleans. Advogado, consultor jurídico e parecerista. Membro da CEMCDA - Comissão Especial de Mudanças Climáticas e Desastres Ambientais da OAB Nacional. Membro da Comissão de Direito Ambiental da OAB/RS e do IAB – Instituto dos Advogados Brasileiros. Pesquisador vinculado ao Programa Emergencial de Prevenção e Enfrentamento de Desastres Relacionados a Emergências Climáticas, Eventos Extremos e Acidentes Ambientais, PDPG Emergências Climáticas CAPES, Processo n. 23038.001317/2022-55 (Responsabilidade Civil num Cenário de Emergência Climática). Membro do Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática do Estado do Rio Grande do Sul, criado pelo Decreto Estadual n. 57.647/2024, no âmbito do Plano Rio Grande, Programa de Reconstrução, Adaptação e Resiliência Climática do Estado do Rio Grande do Sul, instituído pela Lei n. 16.134/2024. Autor dos livros: CARVALHO, Délton Winter de. *Desastres Ambientais e sua Regulação Jurídica.* 2ª ed. São Paulo: Thomson Reuters, 2020; CARVALHO, Délton Winter de. *Gestão Jurídica Ambiental*. 2ª ed. São Paulo: Thomson Reuters, 2020. FARBER, Daniel; Délton Winter de. *Estudos Aprofundados em Direito dos Desastres*. 2ª ed. Curitiba: Appris, 2019; CARVALHO, Délton Winter de. *Dano Ambiental Futuro*. 2ª ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013; CARVALHO, Délton Winter de; DAMACENA, Fernanda. *Direito dos Desastres*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013.

E-mail: delton@deltoncarvalho.com.br; deltonw@unisinos.br

PARECER JURÍDICO

Introdução e Considerações Preliminares:

O presente Parecer Jurídico é confeccionado no âmbito do Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática do Estado do Rio Grande do Sul, criado pelo Decreto Estadual n. 57.647/2024, no âmbito do Plano Rio Grande, Programa de Reconstrução, Adaptação e Resiliência Climática do Estado do Rio Grande do Sul, este instituído pela Lei Estadual n. 16.134/2024.

Preliminarmente, cumpre destacar que o presente Parecer Jurídico não compreende a análise dos aspectos técnicos propostos no Resumo Executivo e no Relatório Final do Sistema de Proteção contra Cheias do Delta do Jacuí em Eldorado do Sul. O presente Parecer tem por objeto exclusivo escrutinar o Projeto de Proteção contra Cheias (Eldorado do Sul) em face da legislação referente à gestão de riscos de desastres, instituída principalmente, mas não apenas, pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei Federal n. 12.608/12). Finalmente, o Parecer também não se presta a cumprir com a função de avaliar a legalidade do projeto como um todo, limitando-se à avaliação da adequação dos instrumentos a serem adotados para a Prevenção, a Mitigação, e a Resposta Emergencial (preparo e resposta propriamente dita) a desastres.

O Projeto de Proteção contra Cheias do Delta do Jacuí em Eldorado do Sul – RS contempla três alternativas de traçados para o sistema de proteção proposto. Em nível de *medidas estruturais* propostas para a proteção das cheias no local, estão compreendidas a construção de um dique, a implementação de um sistema de drenagem urbana e de um sistema com casa de bombas. Sente-se, aqui, a ausência de

infraestruturas verdes como medidas estruturais para prevenção de risco de desastres[1], soluções com base na natureza e nos seus serviços ecossistêmicos. Recomenda-se, fortemente, a inclusão destas alternativas de serviços ambientais como medidas de mitigação ou compensatórias aos impactos decorrentes do Projeto ora proposto.

Já no que toca as *medidas não-estruturais* propostas pelo Projeto, estas consistem (i) na adequação do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental de Eldorado do Sul (Lei Municipal n. 2.574/2006); (ii) na implantação de uma Entidade Responsável pela Gestão do Sistema de Proteção; (iii) e na instituição de um Sistema de Alerta Precoce.

Cumpre destacar que as *medidas não-estruturais* consistem em estudos, leis, avaliações, autorizações, mapas, Planos Setoriais, ou seja, medidas ligadas à função de diagnóstico e orientação para a prevenção e preparo a desastres. Tratam-se de instrumentos de conteúdo técnico, uso político (gestão de políticas públicas) e força jurídica.[2] Cumprem um relevante papel na Prevenção de Desastres e no estabelecimento de deveres de redução de risco de desastres. A *Política Nacional de Proteção e Defesa Civil*, instituída pela Lei Federal n. 12.608/2012, adota uma estratégia de redução de riscos de desastres centrada na ordenação territorial do solo. Para tanto, cada ente estatal tem suas obrigações definidas na legislação. Os deveres atinentes à União estão previstos no art. 6º, enquanto que aqueles de atribuição do Estado e dos Municípios estão, respectivamente, nos artigos 7º e 8º, todos da Lei n. 12.608/12.

Como já tivemos oportunidade de elucidar[3], o sistema previsto na Legislação brasileira tem como principais instrumentos de prevenção e de mitigação a desastres as seguintes medidas não-estruturais:

[1] CARVALHO, Délton Winter de. *Desastres Ambientais e sua Regulação Jurídica*. 2ª ed. São Paulo: Thomson Reuters, 2020. p. 81-88.
[2] Idem, ibidem. p. 89.
[3] Idem, ibidem. p. 89-106

(i) o *Cadastro Nacional de Municípios com Áreas Suscetíveis à Ocorrência de Deslizamentos de Grande Impacto, Inundações Bruscas ou Processos Geológicos ou Hidrológicos Correlatos* (criado pela Lei n. 12.608/12 e instituído pelo Decreto Federal n. 10.692/2021);

(ii) os Mapas de Riscos Estaduais (mapeamento topográfico do Estado ou zoneamento estadual de riscos) e Municipais;

(iii) revisão de Planos Diretores levando em consideração mapas de riscos municipais e Estadual, assim como os riscos hidrológicos regionais descritos nos Planos de Bacia Hidrográfica;

(iv) confecção de Planos Estaduais e Municipais de Contingência e de Defesa Civil.

Tais instrumentos devem estar devidamente integrados coerentemente, conforme abaixo descrito.

1. Análise das Medidas *Não-Estruturais* Propostas pelo Projeto de Proteção Contra Cheias de Eldorado do Sul e sugestões de adequação destas à Política Nacional de Proteção e Defesa Civil:

Em nível de medidas não-estruturais, o Projeto objeto do presente Parecer Jurídico limita-se a propor (i) a adequação do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental de Eldorado do Sul (Lei Municipal n. 2.574/2006); (ii) a implantação de Entidade Responsável pela Gestão do Sistema de Proteção; (iii) a implantação de Sistema de Alerta Precoce.

Antes de mais nada, cumpre destacar que Municípios com histórico de desastres "naturais" ou climáticos devem ser inseridos no *Cadastro Nacional de Municípios com Áreas Suscetíveis à Ocorrência de Deslizamentos de Grande Impacto, Inundações Bruscas ou Processos Geológicos ou Hidrológicos Correlatos*. Cadastro este criado pela Lei n. 12.608/12 e regulamentado pelo Decreto Federal n. 10.692/2021, tendo por finalidade a identificação dos Municípios críticos no Brasil e, assim, permitir a adoção de políticas públicas nacionais, estaduais e municipais coerentes com os deveres de redução de risco de desastres. Segundo prevê o §2º, do art. 3º-A, da Lei n. 12.340/10, os Municípios inseridos no referido Cadastro deverão elaborar mapeamento de áreas suscetíveis à ocorrência de inundações (entre outros desastres). Estes mapas devem tomar em consideração as respectivas cartas geotécnicas (§1º, do art. 42-A, Lei 10.257/2001). Ainda, os Municípios com histórico de desastres devem ter Planos de Contingência de Proteção e Defesa Civil Municipal, os quais devem ser objeto de exercícios simulados periódicos e ter sistema de alerta precoce.

Também segundo o art. 42-A, da Lei 10.257/2001, os Planos Diretores dos Municípios inseridos no Cadastro deverão internalizar no seu conteúdo normativo municipal (i) as informações dos respectivos Mapas de Riscos e traduzi-las em restrições urbanísticas razoáveis e proporcionais aos riscos identificados; (ii) medidas de drenagem urbanas necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres.

Em conclusão parcial, uma análise lançada sobre o Projeto de Proteção Contra Cheias de Eldorado é capaz de demonstrar que, no que pertine as medidas não-estruturais propostas, este carece de um necessário alinhamento aos deveres legais de prevenção, mitigação e preparação a desastres "naturais" (climáticos), previstos no Direito dos Desastres Brasileiro.

Senão vejamos.

(i) Da Obrigatoriedade da Inclusão do Município de Eldorado do Sul no Cadastro Nacional de Municípios Críticos:

Antes de mais nada, é dever jurídico a inclusão do Município de Eldorado do Sul no referido Cadastro Nacional de Municípios. Esta inclusão pode se dar voluntariamente pelo próprio Município, por meio da autodeclaração ou, caso isso não ocorra, pela indicação quer do Estado ou da União, nos termos do art. 3º do Decreto Federal n. 10.692/2021. No caso em tela, é notório o histórico documentado de desastres ocorridos nos últimos anos no Município de Eldorado do Sul, inclusive descritos amplamente no Relatório Final. Para tanto, deve haver a demonstração da existência de áreas de risco de desastres por meio de inventário ou outros documentos expedidos por órgãos ou entidades federais, estaduais ou municipais, nos termos dos (§1º, e 2º e 3º do art. 3º, Decreto n. 10.692/2021).

Diante destas premissas normativas, caso não ocorra por adesão voluntária do Município ao referido Cadastro, entendemos ser dever legal do Estado do Rio Grande do Sul ou mesmo da União Federal a inclusão do Município de Eldorado do Sul naquele. Trata-se de verdadeira condição jurídica para realização de qualquer medida estrutural ora proposta pelo Projeto de Proteção de Cheias no local, sob pena de possível responsabilização civil por omissão dos respectivos entes estatais.

Digno de destaque aqui, a importância da funcionalidade do Cadastro implementado pelo Decreto 10.692/2021 para a imposição de deveres de redução de risco de desastres. Para tanto, sua relevância é incontestável, uma vez que todos os artigos da Lei n. 12.608/12 que tratam da possibilidade de imposição de restrições urbanística e ambientais com o escopo de prevenção a desastres "naturais" iniciam textualmente com a previsão "os municípios inseridos no Cadastro...".

Em outras tintas, este Cadastro representa o ponto de partida para o funcionamento adequado e juridicamente seguro de toda a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, afetando direta e positivamente o funcionamento da Política Nacional de Mudança do Clima. Ademais, a partir da inserção dos Municípios no Cadastro Nacional, estes terão que confeccionar (com o apoio do Estado e União) os seus respectivos Mapas de Risco com as devidas restrições de uso e de ocupação do solo, as quais deverão ser incluídas nos Planos Diretores Municipais.

Cadastro > mapa de risco > planos diretores > planos de contingência > treinamento da população em áreas de risco > prevenção de calamidades e desastres > adaptação climática> proteção de direitos fundamentais.

Lembre-se que o alinhamento das medidas adotadas no Plano Rio Grande com as normas da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil e com os instrumentos instituídos por esta é fundamental para a possibilidade de adoção de medidas impositivas de comando e controle para a prevenção de desastres, tornando o sistema mais eficiente e seguro juridicamente.

(ii) Da Obrigatoriedade do Município de Eldorado do Sul confeccionar Mapa de Risco de Desastres Hidrológicos:

Para a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, é dever dos Municípios identificar e mapear as áreas de risco de desastres (art. 8º, IV, Lei n. 12.608/12), assim como promover a fiscalização das áreas de risco de desastre e vedar novas ocupações nessas áreas (V). De tal sorte, o Município de Eldorado do Sul precisa mapear as áreas de risco de inundação, mesmo em um cenário de implantação das medidas estruturais constantes na proposta no Projeto de Implantação de um Sistema de Proteção Contra Cheias. Mapeamento este que deve ser realizado levando-se em consideração os diversos

cenários de recorrência, inclusive aquele apresentado pelas chuvas extremas de Maio de 2024.

Tais instrumentos constituem a base da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, trazendo à luz os riscos de desastres que são identificados no território municipal. Em face destas informações, há uma redução da discricionariedade administrativa. Ou seja, a Municipalidade deve adotar medidas restritivas capazes de prevenir ou mitigar os riscos identificados nos referidos mapas e estas informações devem ser transformadas em limitações urbanísticas previstas no Plano Diretor Municipal compatíveis com os riscos identificados. Somente assim haverá uma plena segurança jurídica para o exercício do poder de polícia e demais medidas para a prevenção de desastres.

(iii) A inserção de limitações e restrições urbanísticas em Plano Diretor em virtude da identificação científica de riscos locais pelo Mapa de Risco e, regionalmente, pelos Planos de Bacia Hidrográfica:

O Projeto apresentado para a implantação de um Sistema de Proteção de Cheias para Eldorado do Sul deve estar condicionado não apenas à confecção de um Mapa de Riscos Municipal, mas deve haver a adoção de medidas restritivas à ocupação do uso do solo ou de modo construtivo compatíveis com a prevenção e a mitigação dos riscos diagnosticados. Tais medidas devem ser proporcionais aos riscos diagnosticados e não podem ser discriminatórias.

Atualmente, o Plano Diretor de Eldorado do Sul (Lei Municipal 2.574/2006) prevê de forma muito abrangente a restrição à ocupação de áreas inundáveis, sem o devido embasamento científico e instrumental legal.

Eis os termos do art. 175:

> "*fica vedado o parcelamento do solo, para fins urbanos em terrenos alagadiços e sujeitos a inundação, antes de tomadas as providencias para assegurar o escoamento das águas ou a proteção contra as cheias e inundações.*"

No entanto, para além desta previsão genérica, deve haver uma adaptação da ordenação do uso do solo a partir das informações detalhadas no respectivo Mapa de Risco, traduzidas em limitações urbanísticas no Plano Direito e previsões técnicas no código de obras municipal.

Além dos riscos locais diagnosticados pelos Mapas de Riscos, o Plano Diretor Municipal também deve levar em consideração os riscos hidrológicos regionais constantes no Planos de Bacia Hidrográfica (Lei n. 9.433/97), nos termos do §2º do art 42-A da Lei n. 10.257/2001.

(iv) Dever de Confeccionar Planos de Contingência Compatíveis com as Medidas Estruturais a serem adotadas:

Os Planos de Contingência, também chamados de Planos de Proteção e Defesa Civil, devem servir como medida de preparação antecipada para orientar uma necessária resposta emergencial. Para tanto, a população no entorno dos diques e das casas de bomba deve estar preparada e capacitada por meio de acesso claro às informações constantes no referido Plano de Contingência, de exercícios de simulação e treinamentos e sistema de alertas precoces fidedignos. Os Planos de Contingência devem cumprir com os requisitos mínimos previstos no art. 12-D da Lei Federal n. 12.608/12, com redação dada pela Lei n. 14.750/23.

Há, portanto, o dever de ser confeccionado um Plano de Contingência no Município de Eldorado do Sul para, além de outros cenários, antecipar uma possível ruptura ou

extravasamento dos diques objeto do presente Projeto, orientando a população impactadas e as autoridades locais acerca da (i) delimitação de áreas potencialmente atingidas, (ii) do sistema de alerta a ser adotado, das rotas de fuga e dos pontos seguros para proteção da população; (iii) descrição das ações de resposta a serem desenvolvidas e a organização responsável por cada uma delas; (iv) organização de exercícios simulados, com a participação da população e dos órgãos competentes. Tal documento deve ser atualizado e revisto periodicamente pelas autoridades competentes.

Eis o Parecer.

Porto Alegre, 23 de Julho de 2024.



Prof. Dr. Délton Winter de Carvalho

Advogado. Professor PPGDir UNISINOS

Avaliação do “Estudo e Projeto Conceitual de Proteção Contra Cheias do Delta do Jacuí em Eldorado do Sul – RS”

Comentários

1) Este estudo foi realizado em 2017 e analisou cheias nesse munícipio que haviam ocorrido anteriormente, especialmente a análise da enchente de 2015.
2) O estudo não trata da enchente de 2024 e este estudo realmente tem que ser atualizado para esta cheia que bateu todos os recordes históricos.
3) A lista de autores desse estudo não revela que cientistas de universidades do RS teriam sido convidados para fazer parte deste estudo. Um novo estudo deve ser feito e com forte e majoritária participação de muitos cientistas especialmente do RS e que possam avaliar várias possíveis soluções para reduzir o risco de impactos de eventos extremos da natureza deste de 2024.
4) Este estudo buscou soluções de infraestrutura tradicional. Note que colocaram na página 06: “A condição de ocupação das áreas de risco **torna impraticáveis alternativas de realocação da população**, uma vez que a maior da área urbana teria que ser deslocada. A implantação de um sistema de alerta teria poucos resultados práticos uma vez que, além das vazões provenientes das bacias dos rios Jacuí, Sinos e Caí, os níveis de enchente são fortemente condicionados pelo regime de ventos que atual na Lagoa dos Patos e no Lago Guaíba.” (negrito do próprio texto do estudo).
5) Um parágrafo adicional indica: “Por estes motivos, o estudo se concentrou **na concepção e avaliação de alternativas estruturais** para a proteção das áreas sujeitas a enchentes. Estas alternativas contemplaram a construção de diques de contorno das áreas de risco, com a implantação de estações de bombeamento para retirar, de dentro de área protegida, as águas decorrentes de precipitações.” (negrito do próprio texto do estudo).
6) O estudo também parte do princípio de que eventos extremos de chuvas não iriam aumentar a frequência de sua ocorrência devido às mudanças climáticas e às mudanças dos usos da terra. Portanto, nem teriam preparado o município para o evento de 2024 e eventos que se tornarão mais frequentes e muito provavelmente batendo recordes, como foi este de 2024.
7) O estudo há que avaliar criticamente todas as áreas que foram destrutivamente afetadas pelas cheias em 2024 e mapear todas as residências, edifícios, estradas e outras infraestruturas de transporte destruídas. Uma solução deverá também buscar realocação de grande parte desta população e não reconstrução de residências nestas áreas de alto risco.
8) O estudo incorretamente menciona que sistemas de alerta teriam pouco resultado. De fato, uma das obrigatórias soluções é implantar totais sistemas de alertas, com sirenes, e instruções e educação ampla da população para deixar áreas de enorme risco, até muitas horas antes do

desastre crescer e causar enchentes ou deslizamentos de encostas de populações que residam em encostas, principalmente em áreas rurais.

9) É totalmente factível desenvolver em todo estado do RS modelos matemáticos hidrológicos que poderão prever até com dias de antecedia riscos de inundações, baseados em previsões de chuvas de alta qualidade. Estes modelos também irão prever as vazões dos rios afetando este município e matematicamente consideram os ventos sobre os rios e lagos e computam muito bem o aumento do nível das águas e as inundações.
10) Com esses sistemas, alertas são factíveis e podem ser computados com dias e muitas e muitas horas de antecedência de eventos extremos causadores de desastres. Sirenes em todas as áreas de risco serão acionadas pelas Defesa Civis. As populações saberão para onde se deslocar, lugares seguros.
11) O estudo igualmente não menciona a busca de soluções de "infraestrutura verde", especialmente as chamadas "esponjas urbanas". Os mapas desse município do estudo mostram muito poucas áreas com vegetações. Também no nível de todo estado, torna-se essencial recuperar amplamente as matas ciliares. Esta recuperação faz parte de soluções baseadas na natureza. Diminuirão a quantidade de água das chuvas atingindo os rios e reduzirá em muito a erosão dos solos e a transporte de lama para os rios.
12) As "esponjas urbanas" igualmente reduzem alagamentos e contribuem para reduzir o risco de ondas de calor e removem também poluição do ar.
13) Em resumo, a busca de soluções deve sempre implementar rapidamente a combinação de infraestruturas tradicionais com amplas e inovadoras infraestruturas verdes. E sempre com sistemas de alertas altamente eficientes e capacitação e educação de todas as populações para se auto proteger em situações de extremos de chuvas e outros extremos climáticos. Mesmo em Porto Alegre, com diques e bombas, praticamente esta infraestrutura de diques e bombas falhou totalmente no evento de 2024.

São José dos Campos, 23 de julho de 2024



Carlos A. Nobre
IEA-USP