

CHEIAS, MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEGURANÇA DE BARRAGENS¹

Esse é o título do livro que escrevi e que foi publicado quase 40 anos atrás, quando era pesquisador do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) e professor de hidrologia da pós-graduação de engenharia da UFRJ (COPPE). O livro trata de métodos de cálculo para dimensionamento de vertedores e de volumes de espera para amortecimento de cheias nos reservatórios das usinas hidrelétricas. Destaco passagem do primeiro parágrafo:

“As dramáticas enchentes ocorridas no Região Sul no ano de 1983 trouxeram o tema para as manchetes dos jornais e para o cotidiano de milhares de pessoas que tiveram suas vidas transtornadas. Nestas circunstâncias, é comum o surgimento de grande número de hipóteses sobre as causas do fenômeno e o crescimento da pressão política para a alocação de verbas que permitam a ‘solução definitiva’ do problema. Mostra a experiência, no entanto, que uma sucessão de anos sem inundações é o bastante para que o interesse sobre o assunto decresça e em consequência diminuam os recursos alocados para seu estudo. Cabe aos hidrólogos um esforço permanente de coleta e análise de dados que permitam a representação matemática do fenômeno, mesmo quando o tema não ocupe mais as manchetes dos jornais. Eles sabem que, face à complexidade dos fenômenos intervenientes na gênese de uma cheia, o progresso é lento e laborioso”. Lamentavelmente, é um texto que poderia ter sido escrito nos dias de hoje.

Durante a atual enchente no Rio Grande do Sul, o pico da vazão afluente à UHE Dona Francisca (125 MW), da ordem de 14 mil m³/s, ultrapassou a vazão de projeto do vertedor, da ordem de 11 mil m³/s. Não houve galgamento da barragem porque, suponho, havia ainda espaço no pequeno reservatório para acomodar parte do volume afluente. Esse extraordinário evento parece indicar que a adaptação às mudanças climáticas é uma agenda do presente e não apenas do distante futuro. O que fazer?

Antes de responder à questão, convém apresentar uma breve recapitulação de alguns conceitos básicos. Vertedor é uma estrutura

¹ Publicado no Energy Report (edição 209) da PSR, 05/2024.

em concreto armado, dotada ou não de comportas, que funciona para liberar rio abaixo o excesso de água afluyente ao reservatório, impedindo o galgamento da crista da barragem e, conseqüentemente, seu eventual colapso. Em se tratando de barragem de grande porte, cujo rompimento pode resultar em perdas humanas, é senso comum dimensionar a capacidade de descarga dos vertedores assumindo que podem ocorrer hidrógrafas de cheia excepcionalmente severas. Isso pode ser feito tanto por meio da maximização meteorológica de tempestades observadas na mesma região ou em locais climatologicamente semelhantes, quanto pela atribuição de diminuta probabilidade p à ocorrência, num ano qualquer, do “sinistro”, definido como o evento em que a vazão afluyente supera a de projeto. Essa probabilidade é usualmente arbitrada em $p=0,0001$ (ou 0,01%).

Se fosse possível observar a série de vazões afluentes ao longo de milhões de anos e se a Natureza fosse estacionária (i.e. se as propriedades estatísticas dos fenômenos naturais fossem imutáveis no tempo), seria possível identificar os raríssimos anos em que se observaria a ocorrência do sinistro. O intervalo de tempo entre sinistros é em si uma variável aleatória, cujo valor esperado – chamado de “tempo de recorrência” - é o inverso da correspondente probabilidade. Como o inverso de $p=0,0001$ é 10 mil anos, a cheia de projeto de vertedores é comumente chamada de “decamilenar”.

Importante repetir que o tempo de recorrência é apenas o intervalo médio entre eventos consecutivos. No caso da UHE Dona Francisca, o fenômeno foi observado em 2024. Isso não significa, por óbvio, que o próximo sinistro só ocorrerá no 12024! Pode ocorrer, por exemplo, em 2025, com probabilidade igual a $p=0,0001$. Ou com probabilidade maior, embora desconhecida, por efeito de mudança climática.

Para efeito de raciocínio, levando em consideração que o sinistro ocorreu em apenas um século de observações, vamos supor que a mudança climática tenha aumentado a probabilidade p de 0,0001 para 0,01 (1%), o que equivale a tempo de recorrência de 100 anos.

A probabilidade g de que em 100 anos a vazão afluyente ultrapasse a de projeto é igual a $g = 1 - (1 - p)^{100}$. Para $p = 0,0001$ (hipótese de estacionariedade) $g = 0,01$ (1%). Pequena, mas não desprezível. Para

$p=0,01$ (hipótese ilustrativa do que poderia ser o efeito da mudança climática), $g = 0,63$ (63%). Bem mais assustador!

O bom senso recomenda a revisão dos projetos de vertedores à luz dos possíveis efeitos das mudanças climáticas, começando pelas usinas hidrelétricas do Sul. É tarefa a ser executada utilizando os melhores modelos de circulação global acoplados a modelos meteorológicos e hidrológicos que capturem detalhes do que ocorre em nossas bacias hidrográficas.

Nos casos em que se constatar a necessidade de reforçar a capacidade do vertedor, será preciso procurar a solução mais econômica em cada situação específica. Haverá casos em que será possível baixar o nível máximo normal operativo do reservatório para acomodar o excesso de água no volume de espera para amortecimento de cheias. É uma alternativa que apresenta a vantagem de não demandar modificação construtiva. Mas tem a desvantagem de diminuir a potência e a garantia física da usina.

Quando o livro foi escrito, não se cogitava de utilizar volume de espera para amortecimento de cheias no contexto de segurança da barragem. Tratava-se, isso sim, de um stratagema para lidar com a “vazão de restrição”, definida como o limite superior à vazão defluente para evitar inundações a jusante das usinas. Restrições desse tipo às vezes sequer existiam quando as usinas foram projetadas e construídas. Foi o posterior desenvolvimento do vale a jusante, em grande medida incentivado pela regularização de vazões depois da construção das UHEs, que revestiu de dramaticidade eventuais extravasamentos fluviais.

Mesmo não tendo responsabilidade pela indevida ocupação das várzeas de inundação, o Setor Elétrico foi forçado a operar os reservatórios considerando o duplo propósito de gerar energia e controlar cheias. Há porém UHEs em que desde a concepção considerou-se que os reservatórios seriam de uso múltiplo. É o caso da UHE Três Marias, no rio São Francisco e da UHE Três Gargantas, no rio Yangtsé (China), que foram construídas para gerar eletricidade e controlar enchentes. São objetivos conflitantes. Para gerar energia, mantém-se o reservatório o mais cheio possível para maximizar a queda (potência) e armazenar água para futuras estiagens. Para

controlar cheias, mantém-se o reservatório vazio para prover espaço para acomodar grande volume de água que, de outra maneira, causaria danos a jusante.

Quando o livro foi escrito, considerava-se apenas a variação sazonal do volume de espera, fruto da variação sazonal das chuvas. No Sudeste por exemplo, volumes de espera só são necessários de novembro a abril e assim mesmo de forma variável (tipicamente, maior volume em janeiro e fevereiro). Atualmente é possível utilizar previsões meteorológicas com precisão muito maior, principalmente se o volume de espera visar o reforço da segurança da barragem.

Também não se considerava a construção de usinas reversíveis. Na época o parque gerador era quase exclusivamente constituído por usinas hidrelétricas, com uma pequena complementação de usinas térmicas para enfrentar as estiagens. Ou seja, o principal desafio era manter a capacidade de produção das hidrelétricas, mesmo em situações de escassez hídrica. Não faria sentido introduzir no sistema um elemento consumidor líquido de energia.

Na situação atual, em que há sobra de energia produzida por fontes não despacháveis (eólica, solar e hidrelétricas a fio de água), o que falta é potência e flexibilidade. São atributos que as reversíveis podem oferecer ao sistema. Adicionalmente, no contexto da presente discussão, as reversíveis podem oferecer outro atributo igualmente de grande importância: o reservatório superior para funcionar como uma espécie de volume de espera suplementar.

A PSR deveria inserir essa dimensão no HERA (um modelo “state of the art” para realização de inventários participativos, utilizado por, entre outros, The Nature Conservancy). Se isso for possível, a ANA e a EPE deveriam utilizar conjuntamente o HERA com objetivo de planejar com o duplo objetivo de assegurar controle de cheias e o bom funcionamento do Setor Elétrico.

Existem outras medidas de proteção a jusante das UHEs que devem ser considerados conjuntamente com a criação de volume de espera nas UHEs. Por exemplo, construção de polders (caso de Porto Alegre), construção de túneis extravasores (como o de Petrópolis), retificação de trechos de rio, dragagem para remoção de controles hidráulicos e

manutenção de várzeas como áreas “non aedificandi” para acomodar eventuais extravasamentos.

Todavia, de nada adianta o bom planejamento se as estruturas hidráulicas não forem corretamente mantidas. Cabe aos planos de bacia hidrográficas, desenvolvidos no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, conter claras instruções sobre o que precisa ser feito e por quem para manter operacionais as estruturas hidráulicas construídas nos cursos de água. Os integrantes dos comitês de bacia, inclusive os representantes do Setor Elétrico, devem se manter vigilantes, apontando eventuais descuidos com a manutenção. Funcionaria como contraposição à nossa lamentável característica de dar muita atenção à inauguração de obras públicas e pouca, ou nenhuma, à correspondente manutenção.

No caso específico de Porto Alegre – não das demais cidades gaúchas que também sofreram o flagelo - há indícios de que a inundação poderia ter sido evitada, ou ao menos mitigada, se a estrutura de proteção à cidade construída nos anos 70 do século passado, formada por 68 Km de diques, 14 comportas e 23 casas de bomba tivesse funcionado conforme projetada. Não funcionou porque perdeu-se ao longo do tempo a percepção de quão importante seria manter o sistema perfeitamente operacional. Sem a ocorrência de significativos transbordamentos ao longo de décadas, as verbas e equipes técnicas foram sendo ceifadas por sucessivas administrações.

Há muitos outros casos no Brasil de definhamento institucional que resultam em riscos como o de Porto Alegre. Como Nação, temos que mudar essa situação. É preciso preservar as equipes técnicas e a memória institucional.