



# Em busca da gestão de recursos hídricos para a cidade resiliente

por Monica F. A. Porto<sup>1</sup> e Rubem La Laina Porto<sup>2</sup>

DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.124>

O aumento da urbanização no último século, associado ao crescimento populacional, acabou por transformar as grandes cidades em áreas vulneráveis face à sua forte dependência de recursos naturais externos e sua fragilidade perante eventos climáticos extremos.

As cidades apresentam enor-

mes vantagens do ponto de vista de produção econômica e sua compactidade, desde que bem organizada, pode trazer benefícios de toda a ordem. As áreas urbanas compactas têm o potencial de tornar a prestação de serviços aos seus cidadãos mais eficiente. Podem reduzir a emissão de gases poluentes por poder proporcionar melhores

formas de transporte. Reduzem a dimensão da área de impacto. Enfim, viver em cidades é uma boa ideia e o mundo, ao se tornar predominantemente urbano, terá maior chance de oferecer melhor qualidade de vida aos seus cidadãos, principalmente quando se trata da provisão de serviços.

No entanto, há que se reco-

<sup>1</sup> Professora Titular, Escola Politécnica da USP, [mporto@usp.br](mailto:mporto@usp.br)

<sup>2</sup> Professor Senior, Escola Politécnica da USP, [rlporto@usp.br](mailto:rlporto@usp.br)



*Enchentes de Franco da Rocha, São Paulo*

nhecer que grandes contingentes populacionais agrupados em uma pequena área faz com que aumente o risco de algo dar errado. Se levarmos em consideração a definição de risco como sendo a probabilidade de algo ocorrer vezes a consequência, ou o dano esperado, é claro que se houver a possibilidade de um número muito grande de pessoas ser afetado por um evento, mesmo que de baixa probabilidade, os efeitos são muito mais trágicos. Em particular no que tange aos fenômenos relaciona-

dos à água, secas e cheias são fenômenos naturais onde não existe a possibilidade de se trabalhar com risco zero. As maiores secas e cheias ainda estão por ocorrer. Além disso, nossa capacidade de previsão de tais fenômenos ainda é bastante limitada. Reconhece-se ainda a necessidade de dispormos de sistemas que sejam menos afetados pela variabilidade climática e, principalmente, sejam adaptáveis a situações adversas.

Nos últimos anos surgiu a aplicação do conceito de resiliência

à gestão das cidades. Resiliência é a propriedade mecânica dos materiais de não sofrer ruptura e retornar à condição anterior após sofrer uma condição de grande estresse. Ora, uma cidade resiliente é aquela que tem a capacidade de oferecer a seus habitantes a retomada à vida normal mesmo após uma situação de grande estresse. Os fenômenos de estresse podem ser variados, desde sua capacidade para manter o oferecimento de bons serviços de saúde durante uma epidemia, até a capacidade de se recuperar após eventos naturais extremos de cheias, secas, furacões, entre outros.

A água é certamente um fator que tem importância na resiliência das cidades, tanto por seu excesso, como por sua falta. Inundações são grandes fatores de estresse, assim como as secas podem causar grandes prejuízos às áreas urbanas, tanto do ponto de vista de saúde humana e qualidade de vida, como do ponto de vista econômico, com perdas para os setores da indústria, comércio e serviços.

Como fazer para que as cidades passem por situações de estresse hídrico sem grandes prejuízos à sua população? A cidade de Nova Iorque, por exemplo, tem sido frequentemente citada como um exemplo no quesito de abastecimento de água, por ter feito grandes avanços na proteção de seus mananciais. No entanto, a cidade dependia, até o último mês de outubro, de dois túneis para transferência da água captada em bacias vizinhas para a distribuição na área urbana. Esses dois túneis entraram em operação em 1917 e 1936, respectivamente. Ambos já haviam, há muito, ultrapassado sua vida útil

e estavam sem manutenção por dificuldades de operação. Além disso, havia o receio de ruptura caso fossem esvaziados. Desde 1954 havia planos para a construção de um terceiro túnel para reduzir o risco de acidente e consequente desabastecimento da cidade. Diversas tentativas para construí-lo foram feitas, sem sucesso. Quando o prefeito Bloomberg tomou posse em 2002, ao perguntar para um grupo de consultores quais eram as maiores fragilidades de Nova Iorque, ouviu, surpreso, que a ruptura dos túneis estava dentre os mais significativos impactos que a cidade poderia sofrer. Um investimento de US\$ 4,7 bilhões de dólares permitiu que grande parte desse túnel entrasse em operação em 2013, reduzindo risco de desabastecimento e afastando a possibilidade de falha<sup>3</sup>. Note-se que o objetivo do novo túnel não foi o de aumentar a oferta de água, mas tão somente de diminuir a vulnerabilidade do sistema.

Certamente, a correta avaliação do risco é um ponto importante para a segurança hídrica. É muito comum entender-se que dois fatores principais devem ser considerados na avaliação do risco de eventos extremos: a probabilidade de ocorrência e o dano causado. Mais recentemente considera-se também a exposição ao evento. Criou-se assim o conceito de “triângulo do risco”, proposto por Crichton<sup>4</sup> e apresentado na Figura 1.

Segundo esse conceito, ameaça é a probabilidade de ocorrência



Banco de Imagens SABESP

Sistema Cantareira - Reservatório do Jaguari



Fonte: Crichton (1999)

Figura 1 - Triângulo do risco

de um evento de determinada magnitude e é normalmente expressa, em hidrologia, através do período de retorno ou da probabilidade de um sistema falhar em atender a uma determinada demanda. A *vulnerabilidade* é uma propriedade intrínseca do sis-

tema, em outras palavras refere-se às fragilidades que o sistema apresenta e a fatores externos de falha. Por exemplo, uma estação de bombeamento que não tenha um sistema de alimentação elétrica confiável ou não disponha de pessoal capacitado para operá-la. A *exposição* está relacionada à posição geográfica ou localização das pessoas ou bens sujeitos aos danos. Refere-se também à maior ou menor susceptibilidade do sistema em relação aos eventos críticos. Assim, uma população localizada nas partes baixas de uma cidade usualmente estará mais exposta a inundações. Da mesma forma, um hospital ou uma escola situada em bairros altos podem apresentar dificul-

<sup>3</sup> Flegenheimer, Mark (16 October 2013). "After Decades, a Water Tunnel Can Now Serve All of Manhattan". The New York Times.

<sup>4</sup> Crichton, D. The Risk Triangle. In: Ingleton, J. (Editor) Natural Disaster Management. Leicester, Inglaterra: Tudor House Holdings Ltd, 1999, p. 102-103

dades em serem abastecidos de água durante períodos mais críticos. Se um dos lados do triângulo de risco aumenta ou diminui, o risco aumenta ou decresce no mesmo sentido.

A gestão do risco, derivado de eventos hidrológicos extremos, a que as cidades são submetidas é, portanto, o processo que visa mitigar os respectivos danos decorrentes por meio da redução desses fatores.

A redução do risco por meio da redução da *ameaça* é possível através de medidas que visem aumentar a garantia dos sistemas, isto é, visem reduzir a probabilidade de falha. Atuar neste fator implica geralmente na implantação de medidas estruturais (barragens, canais, e outras). A redução da *vulnerabilidade* pode ser feita pelo controle das possíveis ameaças externas e correção das fragilidades, como foi o

caso da construção do terceiro túnel em Nova Iorque. É muito comum ocorrerem falhas por falta de manutenção de bombas, falta de energia elétrica em equipamentos sensíveis, entre outros. A redução da *exposição* pode ser conseguida, por exemplo, através de mudanças no uso e ocupação do solo para afastar populações das zonas de inundação, redundância no abastecimento de populações que podem ser abastecidas por dois sistemas, entre outros.

O aumento da resiliência de um sistema está diretamente vinculado à eficiência com que se trata a gestão do risco.

Quando se olha apenas a redução da ameaça, ou seja, deseja-se trabalhar com a menor falha possível, pode-se incorrer em duas situações distintas. O otimista tenderá a ver que se um sistema, por exemplo, é planejado para

trabalhar com 95% de garantia, a probabilidade de ocorrência da falha é pequena e, numa atitude “cigarra”, deixa para se preocupar quando a falha ocorrer. O pessimista, ao contrário, persegue intensamente o controle da falha e, possivelmente, torna-se ineficiente, dispendendo recursos humanos e financeiros em excesso.

A atitude mais correta é buscar reduzir, de forma conjunta, todos os fatores que levam a um aumento do risco, de forma harmônica e planejada. É aqui que entra o conceito de aumento de resiliência.

Há diversas maneiras de se aumentar a resiliência: (1) *planejamento*; (2) *preparação* e (3) *redundância*. Note-se que os conceitos aqui descritos servem igualmente para fenômenos extremos de cheias e de escassez.

Na fase de Planejamento, por

Sistema Cantareira - Reservatório do Jaguari





Banco de Imagens SABESP

*Sistema Cantareira - Reservatório do Jaguari*

exemplo, decide-se a probabilidade de falha desejada. Para ser corretamente definida, o efeito da falha deve ser analisado. Se há pouca exposição de populações, podem ser admitidas falhas maiores, mas se a exposição é grande não se admite riscos muitos grandes. Assim é que usualmente tem se recomendado falhas inferiores a 5% para sistemas de abastecimento de água, ou períodos de retorno correspondentes a 100 anos para sistemas de macrodrenagem em áreas urbanas densamente ocupadas. Duas questões devem ser, entretanto, consideradas. Séries hidrológicas tem se mostrado não estacionárias, isto é, com estatísticas como média e desvio padrão não constantes. Nosso conhecimento da probabilidade de falha tem sido colocado em cheque. Outro ponto é o custo elevado das obras quando se deseja reduzir muito a probabilidade de falha.

Assim, considera-se atual-

mente que o planejamento deve conter certo grau de flexibilidade e permitir adaptação. Como isso se traduz em termos práticos? Por exemplo, planejando-se soluções que possam incluir os demais fatores de aumento de resiliência. A cidade de Monterrey, México, possui ao redor de 4 milhões de habitantes na área metropolitana e está localizada em área de baixa disponibilidade hídrica. A cidade conta com um Anel de Transferência<sup>5</sup> de 70 Km de extensão e que interliga mananciais superficiais e subterrâneos (3 barragens e 412 poços, dentre outros) como forma de melhorar a operação do sistema dependendo da escassez de um ou outro manancial.

Outros exemplos de políticas de longo prazo que fazem parte do Planejamento, são as possíveis formas de operação do sistemas que contemplem um aumento de resiliência. Por exemplo, quando

da outorga do Sistema Cantareira em 2004, adotou-se a operação baseada nas curvas de aversão a risco. Estas curvas recomendam a adoção de políticas de restrição de uso em função do armazenado no sistema. Quando o volume armazenado começa a diminuir, a curva indica a necessidade de reduzir o uso como forma de proteção antecipada. Este processo reduz a garantia, mas no longo curso reduz a intensidade da falha e, portanto, aumenta a possibilidade do sistema se recuperar mais rapidamente a partir de pequenas falhas.

O Planejamento deve conter, portanto, os conceitos de Preparação e de Redundância. Com frequência nossos planejamentos limitam-se a priorizar uma série de ações e obras escolhidas por critérios econômicos ou facilidade de implantação. Quando as falhas ocorrem, e elas sempre irão ocorrer, os sistemas estão despreparados para dar respos-

<sup>5</sup> Longoria, S. F., Maldonado, E. (2009). Nuevo Leon: La Odisea del Agua. Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey. Monterrey. Mexico.

tas eficientes e eficazes.

A Preparação visa planejar, com antecedência, as ações a serem tomadas durante a ocorrência das falhas. Uma parte importante da preparação são os sistemas de monitoramento, previsão e alerta, de modo a anteceder, o máximo possível, a necessidade da tomada de decisão e a aplicação das medidas que visem a redução dos danos. Dentre estas medidas estão os chamados *planos de contingência*, que significam definir *o que?, como?, quando? e quem?* com relação às ações a serem tomadas.

Os planos de contingência visam organizar, com antecedência, as ações a serem tomadas para que a crise seja suplantada com o menor impacto possível. Formam um conjunto completo que engloba desde a definição de níveis de alerta até o arranjo institucional necessário para a tomada de decisão, inclusive com a forma da tomada de decisão e a própria definição de quem são os decisores. Definem um conjunto

de ações relacionadas a cada nível de alerta que buscam ir ultrapassando a crise com o menor dano possível.

A Redundância pode trazer grandes benefícios e ser muito eficiente na redução do estresse. Não significa necessariamente duplicar os sistemas. São ações que, quando tomadas, buscam aumentar a segurança e reduzir as falhas. Por exemplo, novamente citando o caso de Nova Iorque, a reservação existente regulariza uma vazão muito superior à necessária e o sistema sempre trabalha com folga. Evitar trabalhar com sistemas constantemente estressados, muito próximos do risco de falha é uma das formas de redundância. Outro exemplo pode ser visto no recente caso da seca que atinge o Sistema Cantareira e a proposta de suplementação do sistema com as águas do rio Jaguari da bacia do rio Paraíba do Sul. O Sistema Cantareira hoje tem capacidade para regularizar 36 m<sup>3</sup>/s durante cerca de 97% do tempo. Toda essa vazão é

utilizada para abastecer a Região Metropolitana de São Paulo e para atender às necessidades da bacia do rio Piracicaba. O sistema hoje trabalha no limite da sua capacidade. A suplementação de apenas 5m<sup>3</sup>/s advinda do rio Jaguari eleva a garantia de uma vazão correspondente a 37,5 m<sup>3</sup>/s para quase 100% do tempo. Dada a grande exposição e, portanto, elevado risco que falhas no sistema possam causar, é muito mais relevante, neste caso, a segurança trazida pelo aumento da garantia do que a quantidade de água que se consegue a mais. O aumento da resiliência neste caso é conseguido também pela maior rapidez em se recuperar o estado anterior da reservação pelo fato de se dispor de uma fonte suplementar.

Concluindo, pode-se dizer que ainda é muito incipiente a aplicação do conceito de resiliência no planejamento e operação de sistemas de recursos hídricos. Para aumentar a segurança dos sistemas é necessário desenvolver e utilizar de fato este conjunto de conceitos que envolve novas formas de planejamento mais flexível e adaptativo, formas mais eficazes de preparação com ênfase em planos de contingência e também o uso da redundância dos sistemas, mesmo que isto leve a um aumento de custos e investimentos. É necessário entender que sistemas mais complexos e que garantam maior segurança serão mesmo mais difíceis de operar e mais caros. No entanto, a experiência mundial nos mostra que as crises geridas improvisadamente trazem custos muito maiores. Afinal, esta é a complicação trazida por um mundo cada dia com mais gente para utilizar nossos escassos recursos ambientais.

*Enchentes de Franco da Rocha, São Paulo*

