

Biestabilidade - mudança de fase do Sistema Cantareira em virtude da Crise Hídrica

A água é a força motriz da estabilidade agropecuária, da segurança hídrica e alimentar e do desenvolvimento sustentável. Apesar do grande volume de água-doce presente em nosso território, cerca de 12% da água potável disponível no planeta (Tundisi et al., 2014), o Brasil vivencia constante pressão para fornecer água limpa à população. Em 2014, os órgãos responsáveis pela distribuição de água, isto é, as companhias de água e saneamento, deflagraram crise estrutural da gestão de recursos hídricos frente ao cenário que se instalava no ano anterior (SABESP, 2015). Foi nesse contexto que a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) enfrentou a maior crise de abastecimento de água de sua história (SABESP, 2015; Coutinho et al., 2015; Nobre et al. 2016). A alta dos preços de hortifrutigranjeiros e o racionamento de água estão entre efeitos imediatos das baixas precipitações que afetaram negativamente a qualidade de vida da população (Metzger, livro branco). Regiões abastecidas pelo Sistema Cantareira foram as que sofreram de forma mais contundente em virtude do baixo volume das represas à época.

O Sistema Integrado Metropolitano (SIM) da Sabesp capta, transporta e distribui água para mais de 20 milhões de pessoas residentes na RMSP. Dentre os sistemas produtores de água, a saber - Guarapiranga, Alto Tietê, Cantareira, Embu-guaçú, Ribeirão da Estiva, Rio Grande, Rio Claro, Alto e Baixo Cotia - o Sistema Cantareira tem grande importância para a região metropolitana (SABESP, 2015). O Sistema Cantareira é composto das represas Jaguari/Jacareí, Águas Claras, Atibainha e Paiva Castro e abastece 49% da demanda na RMSP (dados de Hidroweb). Dado o enorme volume de pessoas que dependem da Cantareira, a SABESP tomou medidas emergenciais para mitigar e conter a falta d'água. Bem ou mau, executou rodízios, combateu perdas e vazamentos, criou programas de incentivo à economia de água, remanejou estoques de outros sistemas, dentre outras medidas. Os impactos ambientais a médio e longo prazo de algumas ações ecologicamente agressivas ainda não estão claros (Metzger, livro branco; Nobre et al., 2016).

Uma série de proposições tentam explicar as causas que levaram as represas do Cantareira ao estado de calamidade entre 2013-2015. Neste texto, discutirei a hipótese de biestabilidade de sistemas ecológicos (veja Coutinho et al., 2015; e Scheffer et al., 2001). A biestabilidade diz que há estados alternativos de estabilidade em que um ecossistema pode ocorrer para um mesmo conjunto de parâmetros

(Coutinho et al, 2015). Tais estados alternativos representam diferentes regimes dinâmicos em que o ecossistema é, em parte, causa e também consequência (Scheffer et al., 2001). Há um “ponto de virada” no qual o ecossistema, isto é, os reservatórios de água, passam de um estágio de operação plena para outro de baixa operação. Para que a transição ocorra, uma condição ambiental deve vencer a resiliência do sistema ecológico. Por exemplo, sistemas florestais são inerentemente resilientes à desertificação. Assim, para que aconteça um *shift* floresta→deserto, o regime de chuvas deve deplecionar até um grau crítico. O contrário também é verdadeiro. O deserto tem sua própria resiliência ao *shift*.

Coutinho e colaboradores, 2015, propõem que as represas sofrem mudanças drásticas de regime em razão da biestabilidade subjacente do sistema. Em 2013, o Cantareira iniciou sua transição de alto-nível para baixo nível de água em decorrência da queda do regime de chuvas (ANA,). Com menor quantidade de água estocada, as represas ficaram mais suscetíveis ao shift de fase. A Companhia das Águas de São Paulo (SABESP), em vez de honrar seus contratos com grandes consumidoras de água e com a população, não reduziu suficientemente a captação dos reservatórios até meados de 2014, quando o “volume morto” passou a ser utilizado (ANA,). Portanto, o Cantareira entra em um novo regime estável - o de baixo nível operacional. Embora a estação chuvosa vindoura do mesmo ano tenha apresentado maior quantidade de chuvas, pouco desse volume foi, de fato, incorporado aos reservatórios (G1). Isto porque o novo estado do reservatório possui sua própria resiliência (Coutinho et al., 2015). Dois fatores intrincados colaboraram com a manutenção do estado de baixo volume até a estação chuvosa de 2015 - o regime de chuvas e o fluxo de água reservatórios→cidades. O balanço entre essas variáveis vai determinar a passagem entre uma fase estável e a outra (Fig. 1)

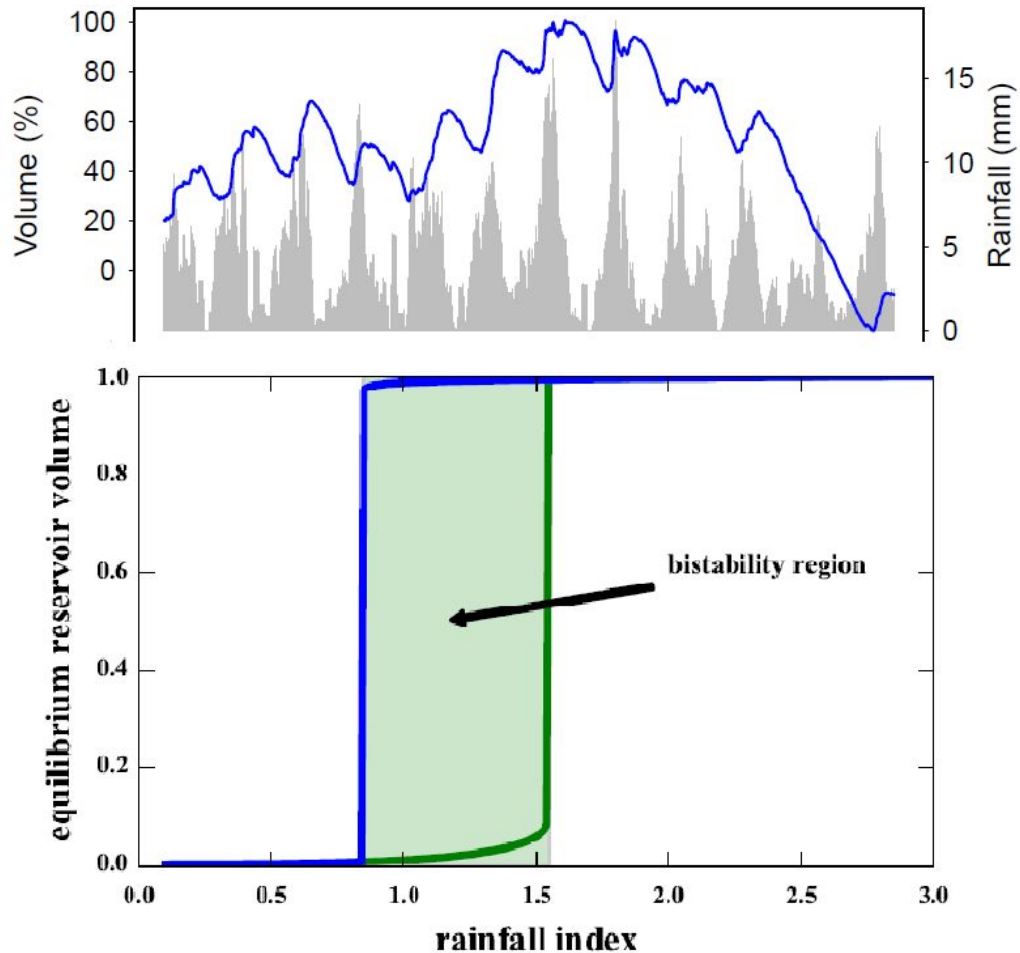


Figura 1. **Regime de chuvas, porcentagem de volume útil estocado e região de biestabilidade.**
 Modificado de Coutinho et al., 2015.

Uma contrapartida à hipótese de Coutinho e seus colaboradores é a feita pelo professor Jerson Kelman, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), em declaração no periódico online PlosOne. A hipótese baseia-se na condição de biestabilidade - dois estados estacionários estáveis. De um lado, o reservatório cheio, isto é, a bacia têm mais água armazenada, mais da precipitação vai fluir para as represas. De outro lado, em níveis baixos, o solo seco reteria grandes percentagens de chuva e uma proporção ínfima seria armazenada. Portanto, não há um feedback linear entre os dois estados. Assim, Kelman argumenta que as decisões de escoamento para a metrópole influenciam muito mais do que o regime de precipitações. Isto porque a retirada de maior volume do que o reposto pela chuvas causaria mudanças na conformação dos lençóis freáticos subjacentes às represas, o que levaria à um novo regime, ou seja, a um estágio estacionário não previsto pela hipótese da Biestabilidade do sistema. Haveria fluxo de águas subterrâneas para a superfície do reservatório.

Dados que isso ocorra, a resiliência apresentada quando do shift baixo→alto volume estaria mal conceituada pelos autores. Para avaliar a biestabilidade do Cantareira, a modelagem de relação reservatório-águas subterrâneas seria uma premissa do projeto. Em sua análise, Kelman conclui que a estabilização do volume de água do Cantareira foi devido mais a diminuição do escoamento do que propriamente uma função da precipitação crítica para ocorrer uma mudança de fase estacionária.

O artigo de Coutinho, entretanto, não menciona outras causas que não sejam as supracitadas estiagem e fluxo de água. Esforços estão sendo feitos no sentido de prever *shifts* relacionados a essas variáveis, como no trabalho de Taffarello et al., 2016. Entretanto, pouco se tem feito para melhorar as condições ecológicas dos reservatórios. Da mesma forma, não podemos afirmar que houve mudança de paradigma entre a população - continuamos reféns dos eventos estocásticos e determinísticos que culminaram na crise hídrica da região sudeste. A pressão que a metrópole mais populosa do Brasil exercemos sobre os recursos hídricos é tal que passou-se de uma situação de abundância de água para quase total escassez. O Cantareira, que operava com mais de 90% de sua capacidade em 2010, colapsou em 4 anos (SABESP, 2015). Quais outros fatores determinam as mudanças entre estados de estabilidade?

Na época em que o Cantareira foi inaugurado, era sabido que somente sua ampliação nos próximos trinta anos viria a suprir a demanda da Região Metropolitana de São Paulo (Oliveira, 2015). O sistema, entretanto, não recebeu obras de grande porte (ANA,). De fato, as represas que abasteciam entre 40-50% da população da RMSP, o fazem trinta anos após finalizada sua construção. Isso só é possível graças ao maior efluxo de água dos reservatórios, o que gera débitos a serem pagos pelas chuvas esperadas. O sistema que enviava às cidades 4,5 m³/s em 1974, em 2013 enviou entre 24,8 e 31,0 m³/s (SABESP, 2015). Otimizar nossa relação com a água é essencial - São Paulo perde cerca de 20-25% da água captada através das tubulações (SABESP, 2015). A economia também deve vir das residências nas quais 15% do volume de água que chega é desperdiçado. Há muitas formas de aumentar a segurança hídrica da região metropolitana de São Paulo. Aqui, citamos apenas algumas que são factíveis e viáveis a curto, médio e longo prazo (1) mitigação das perdas e desperdícios, (2) purificação e utilização das águas subterrâneas, (3) adaptação com mudança de paradigma das indústrias, população, gestores, planejadores e tomadores de decisão; (4) proteção das áreas de mananciais, evitando ocupações ilegais, (5) projetos de recuperação de matas ciliares (6) recuperação de rios que já banham as cidades e sua utilização na demanda por água.

Referências Bibliográficas

Agência Nacional de Águas (2014) "CONJUNTURA dos RECURSOS HÍDRICOS no BRASIL - INFORME 2014" Disponível em:

<http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/crisehidrica2014.pdf>

Bicudo, Carlos E. de M.; Tundisi, José Galizia; & Scheuenstuhl, Marcos C. B. (2010) "Águas do Brasil - Análise Estratégica". Disponível em: <https://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-6820.pdf>

Coutinho, Renato M.; Kraenkel, Roberto A.; & Prado, Paulo I (2015). "Catastrophic regime shift in water reservoirs and São Paulo water supply crisis." *PloS one* 10.9: e0138278.

Scheffer, Marten; Stephen R. Carpenter; Jonathan A. Foley; Carl Folke & Brian Walker. (2001). "Catastrophic shifts in ecosystems." *Nature* 413, no. 6856 : 591-596.

Scheffer, Marten, and Stephen R. Carpenter. (2003) "Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation." *Trends in ecology & evolution* 18, no. 12 : 648-656.

Seluchi, Marcelo; Nobre, Paulo (2015). "CHESS - CRISE HÍDRICA, ESTRATÉGIA E SOLUÇÕES DA SABESP Para a Região Metropolitana de São Paulo". Disponível em: http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/crisehidrica/chess_crise_hidrica.pdf

Taffarello, Denise, et al. (2016). "Field investigations of the 2013–14 drought through quali-quantitative freshwater monitoring at the headwaters of the Cantareira System, Brazil." *Water International* 41.5 : 776-800.

Tundisi, José Galizia; & Tundisi, Takako Matsumura.(2010) "Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos/Potencial impacts of changes in the Forest Law in relation to water resources." *Biota Neotropica* 10.4 : 67.