

XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

APLICABILIDADE DE MODELOS DE TRANSFERÊNCIA DE RISCOS HIDROLÓGICOS COMO ESTRATÉGIA DE ADAPTAÇÃO ÀS EVENTOS EXTREMOS

*Guilherme Lucas de Laurentis¹; Irene Chaves Pimentel²; Danielle de Almeida Bressiani³ &
Eduardo Mario Mendiondo⁴*

Resumo – Pesquisas realizadas em todo o mundo relacionam as mudanças ambientais globais com o aumento na vulnerabilidade a eventos extremos como precipitações intensas e escassas, inundações e estiagens. Entretanto, a pesquisa por estratégias de adaptação a essas condições climáticas adversas faz-se ainda de maneira incipiente e fragmentada. O objetivo deste artigo é introduzir e discutir a viabilidade de aplicação de Modelos de Transferência de Riscos Hidrológicos (MTRHs) como estratégia de adaptação eventos extremos e às mudanças climáticas globais. O foco é no aumento da resiliência das comunidades diretamente afetadas, através da simulação de longo prazo da operação de um fundo de seguros. As etapas de simulação são: i) definição dos cenários; ii) entrada de dados de extremos hidrológicos; iii) definição do prêmio inicial; iv) simulação do armazenamento do fundo; v) otimização dos prêmios; vi) avaliação dos resultados. Este artigo contextualiza a importância da adoção de medidas de adaptação mediante cenários de eventos extremos e as decisões internacionais relacionadas ao tema. Em seguida, aborda aspectos da temática de fundos de seguros sustentáveis. E, por fim, o artigo recomenda futuras pesquisas de MTRHs e sua relevância, alcances e limitações como ferramenta efetiva de adaptação à eventos extremos de longo prazo.

Abstract – Researches from around the world relate global environmental changes with the increase of vulnerability to extreme events, like heavy and scarce precipitations, floods and droughts. However, the research for strategies to adapt to these adverse climatic conditions is still incipient and fragmented. The objective of this paper is to introduce and discuss the feasibility of the application of Hydrological Risk Transfer Models (HRTMs) as a strategy of adaptation to global climate change. The focus is on increasing the resilience of communities directly affected, through long-term simulation of an insurance fund operation. The simulation steps are: i) definition of scenarios; ii) data entry of hydrological extremes; iii) definition of the initial premium; iv) simulation of the fund's storage; v) optimization of the premiums; vi) evaluation of the results. This article contextualizes the importance of the adoption of adaptation measures through scenarios of extreme events and the international decisions related to the theme. Then, it discusses aspects of sustainable insurance funds theme. And, finally, this article recommends future research in HRTM and its relevance, scope and limitations as an effective tool for adaption to long-term extreme events.

Palavras-chave: Adaptação, eventos extremos, transferência de risco.

¹ Mestrando em Eng. Hidráulica e Saneamento EESC/USP, Av. Trabalhador Saocarlene, 400 CP 359 São Carlos-SP. E-mail guilhermelucas@sc.usp.br

² Doutoranda em Eng. Hidráulica e Saneamento EESC/USP, Av. Trabalhador Saocarlene, 400 CP 359 São Carlos-SP. E-mail irenemcp@usp.br

³ Doutoranda em Eng. Hidráulica e Saneamento EESC/USP, Av. Trabalhador Saocarlene, 400 CP 359 São Carlos-SP. E-mail danielle.bressiani@usp.br

⁴ Professor Doutor do PPG-SHS EESC/USP, Av. Trabalhador Saocarlene, 400 CP 359 São Carlos-SP. E-mail emm@sc.usp.br

1. INTRODUÇÃO

Do ponto de vista econômico e financeiro, as perdas resultantes de desastres naturais são cada vez maiores. Segundo a Organização das Nações Unidas - ONU (UNISDR, 2011), a quantia do Produto Interno Bruto (PIB) exposto ao dano decorrente de desastres aumentou de \$525,7 bilhões na década de 70 para \$1,58 trilhões nos dias atuais.

A evolução dos prejuízos econômicos pode ser observada também com base em dados da Munich Re, empresa do ramo de seguros. Na década de 50, os danos resultaram em US\$48,1 bilhões em prejuízos aos indivíduos direta ou indiretamente afetados, valor este que subiu para US\$728,8 bilhões na década de 90. Somente no ano de 2010, o prejuízo por conta de desastres foi de US\$150 bilhões (Munich Re, 2006; 2011).

Segundo Bressiani (2010), nas últimas décadas, os recursos hídricos têm sido utilizados de forma intensa e muitos sistemas já excederam os níveis de sustentabilidade. Ocorrências como desastres naturais e eventos extremos são cada vez mais frequentes, num horizonte em que são projetadas mudanças climáticas globais (IPCC, 2007). Tem-se, pois, maior vulnerabilidade e exposição aos riscos em áreas urbanizadas e com elevadas concentrações populacionais.

Alterações no clima conferem impactos severos ao ciclo hidrológico e, conseqüentemente, interferem na gestão dos recursos hídricos, no desenvolvimento humano e na manutenção da vida (UN-Water, 2010). O aumento de riscos hidrológicos, associados a alterações nos padrões de frequência, intensidade e distribuição espacial de ameaças naturais, resultam em maior dificuldade na gestão das águas, dos riscos e das incertezas associadas a aspectos climáticos e hidrológicos.

Surge, então, a demanda por medidas e estratégias de adaptação e aumento da resiliência sob essas condições climáticas adversas. Segundo UNISDR (2004; 2009), resiliência é a associação entre a absorção das perdas e danos, adaptação e recuperação de um sistema para retomar seu funcionamento. Tal fato se consegue, entre outras ações, pelo incremento da capacidade em suportar um evento extremo sem sofrer perdas devastadoras em longo prazo (Godschalk, 2003; Mendiondo, 2010). Entre essas estratégias, citam-se ferramentas como seguros ambientais, que proporcionam a transferência dos riscos e a reparação dos danos sofridos após um desastre.

O foco deste trabalho se dá em eventos hidrológicos extremos, segundo condições de mudanças climáticas, tais como precipitações intensas, enchentes e estiagens. Para isto, toma como base a hipótese de que Modelos de Transferência de Riscos Hidrológicos (MTRHs) são uma ferramenta efetiva na busca pela adaptação de comunidades a ocorrência de eventos extremos em cenários de longo prazo. Através deste modelo, busca-se a gestão e a transferência dos riscos envolvidos, de modo que seja favorecida a resiliência das comunidades residentes na bacia de aplicação.

2. ADAPTAÇÃO DAS COMUNIDADES À OCORRÊNCIA DE EVENTOS EXTREMOS

Com o aumento da probabilidade de ocorrência de eventos extremos no futuro como precipitações intensas, enchentes e estiagens (IPCC, 2007), tem-se a necessidade de adoção de estratégias de mitigação, bem como de adaptação aos potenciais impactos sofridos. As Conferências Climáticas Mundiais realizadas até hoje resultaram em importantes avanços nessas questões. Nas primeiras edições da conferência, as discussões foram voltadas à mitigação dos efeitos da variabilidade climática. Já em sua terceira edição, realizada na Suíça em 2009, houve consenso entre os participantes de que, além da mitigação, devem ser consideradas estratégias de adaptação a essa variabilidade e aos riscos associados (WMO, 2009).

Adaptação pode ser definida como o ajuste em processos, práticas e estruturas de sistemas ecológicos, sociais ou econômicos. Tais ajustes estão relacionados a redução ou compensação dos danos potenciais decorrentes das alterações nos padrões do clima, de modo a favorecer a redução da vulnerabilidade e o aumento da resiliência de uma atividade, comunidade ou região exposta a determinado evento ou impacto. Para seu estabelecimento, devem ser considerados aspectos geográficos, climáticos e o desenvolvimento econômico da área avaliada, bem como os setores e atores envolvidos (Smit *et al.*, 2001; Adger *et al.*, 2007).

Para que isto ocorra, existe a necessidade de organização e direcionamento dos esforços internacionais para a estruturação e implantação de um Sistema Global de Serviços Climáticos (Figura 1).

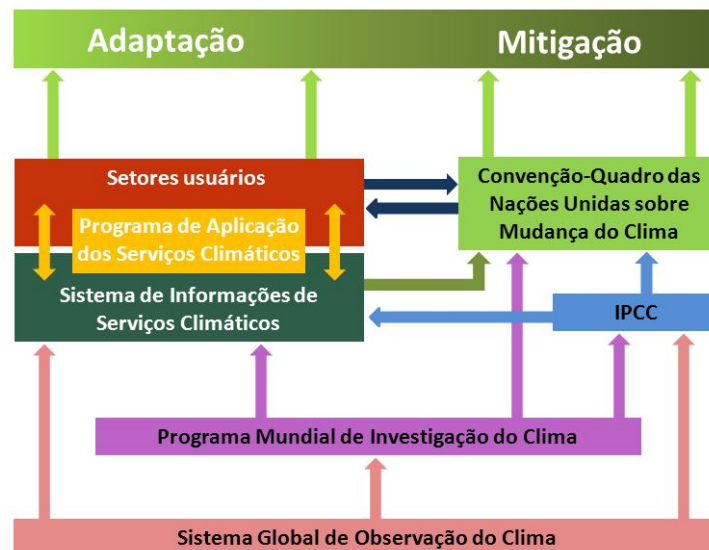


Figura 1 – Arranjo do Sistema Global para os Serviços Climáticos (Adaptado de Zillman, 2009).

Tal estrutura, amparada em um Sistema Global de Observação do Clima – SGOC, tem o objetivo de relacionar a produção, disponibilidade, compartilhamento e aplicação de dados e

resultados de pesquisas referentes à gestão do clima do planeta e dos riscos associados. Além disso, o sistema favorece a integração entre pesquisadores, tomadores de decisão e os demais setores envolvidos (UNEP FI, 2011; WMO, 2011).

A instalação deste sistema permite que sejam continuadas as pesquisas com relação aos impactos e a mitigação de mudanças e eventos climáticos extremos, através da inter-relação entre ciência, pesquisadores e usuários por todo o mundo. Além disso, favorece o incremento da vertente “adaptação”, através do acesso a informações relacionadas ao clima e seus produtos por parte dos setores susceptíveis a esses eventos extremos.

Porém, este tema já vem sendo discutido e aplicado do ponto de vista internacional e nacional. Sob aspectos internacionais, entre os mais importantes, citam-se o Quadro de Ação de Hyogo (QAH), o Plano de Ação de Bali (PAB) e o Programa de Trabalho de Nairobi (PTN). O QAH, assinado em 2005 pelos países-membros da Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre Mudança do Clima e com duração até 2015, busca o estabelecimento da resiliência nas comunidades em todo o planeta, através de medidas de redução e transferência dos riscos.

O PAB, produto da 13ª Conferência das Partes sobre o clima (COP-13), ressalta a necessidade de pesquisas em estratégias de adaptação às mudanças climáticas, voltadas a gestão, redução e transferência dos riscos. Já o PTN, firmado em 2008 em Bonn, busca subsidiar ações no sentido da avaliação dos impactos, vulnerabilidade e adaptação às condições climáticas futuras, de modo a promover a integração de informações e a difusão de práticas.

No Brasil, conforme a Lei Federal número 12.187/09 – a Política Nacional sobre Mudança do Clima, PNMC –, tem-se a possibilidade de utilização de mecanismos econômicos e financeiros para utilização de ações voltadas a adaptação (BRASIL, 2009).

Exemplos de estratégias de gestão de risco e adaptação aos extremos climáticos são sistemas de alerta antecipado, intervenções estruturais de controle, zoneamento, planejamento da ocupação de áreas vulneráveis e transferência de riscos através de seguros (Mendiondo, 2005; Adger *et al.*, 2007; Dixit e McGray, 2009; Mendiondo, 2010). Se bem fundamentado, um fundo de seguros pode ser útil na adaptação, através da preparação prévia à ocorrência de eventos, da redução de comportamentos de risco, bem como do aumento da resiliência (UNEP FI, 2007; Dixit e McGray, 2009; UNISDR, 2009).

Em sistemas mais adaptados, a resiliência é maior e os impactos físicos e econômicos dos desastres são reduzidos. Mendiondo (2010) analisou o efeito da adaptação em dois cenários (um reativo e outro pró-ativo) de políticas públicas para gestão do risco de inundações em uma bacia hidrográfica urbana de 13 km², localizada no município de São Carlos-SP (Figura 2). No cenário pró-ativo, são consideradas medidas mitigadoras e compensatórias, entre elas mecanismos de seguros. Nota-se redução nos custos acumulados, uma vez que os prejuízos associados a eventos de

diferentes períodos de retorno são maiores para o cenário reativo. A ordem dos danos econômicos varia de 10 a 100 vezes de um cenário para outro, dependendo da magnitude do evento.

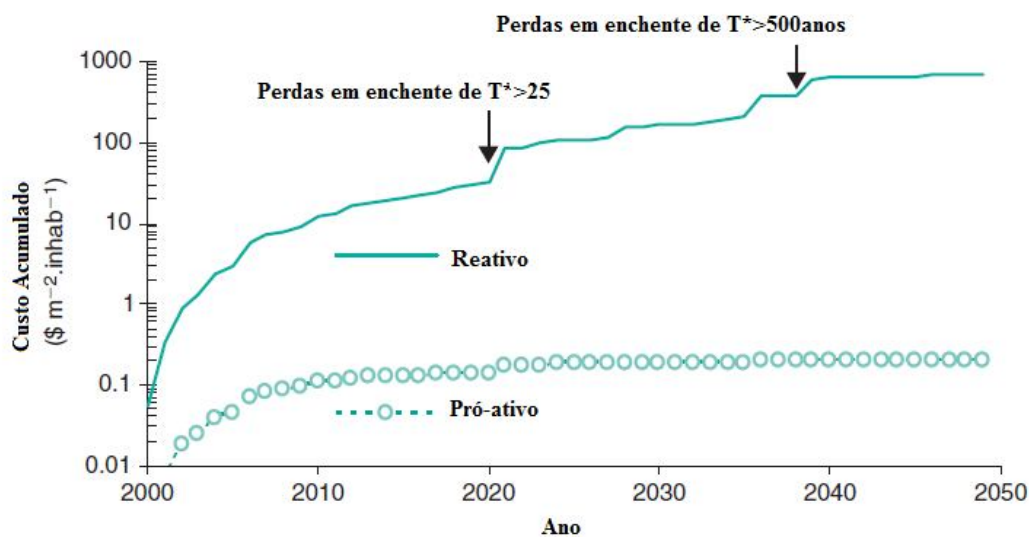


Figura 2 – Custos nominais simulados para dois cenários de gestão de risco de inundação considerando a bacia hidrográfica como unidade de planejamento (Bressiani *et al.*, 2010 adaptado de Mendiondo, 2010).

3. SEGUROS SUSTENTÁVEIS COMO ESTRATÉGIA DE ADAPTAÇÃO

O percentual de cobertura dos prejuízos de desastres ambientais coberto por fundos de seguros aumentou de 3,33% na década de 50 para 24,67% durante o ano passado (Munich Re, 2006; 2011). Esse aumento reflete a crescente preocupação na adaptação das comunidades frente à ocorrência de eventos.

A inclusão de variáveis como a redução e a transferência dos riscos tem sido discutida em diversos estudos e relatórios (UNEP FI, 2007; UNISDR, 2009; UNISDR, 2011). Recomendações são para que a abordagem se dê de maneira multidisciplinar e que envolva a participação de todos os atores envolvidos (Mendiondo e Valdés, 2002), de modo a definir iniciativas locais e inovadoras de incentivo à resiliência, tomando como base o ecossistema local (UNISDR, 2011).

Segundo Mendiondo e Valdés (2002), a gestão do risco de desastres e eventos extremos pode ser dividida em três etapas: (i) avaliação dos riscos, mediante identificação do perigo associado a determinado evento extremo, bem como a quantificação de suas conseqüências e impactos; (ii) redução dos riscos segundo medidas estruturais e não-estruturais; (iii) transferência dos riscos através de mecanismos de seguros.

Seguros são mecanismos financeiros que promovem a transferência do risco de perdas futuras do indivíduo afetado a um provedor do seguro. Com isso, o provedor assume os riscos segurados por determinado período de tempo, mediante pagamento de prêmios por parte do contratante.

Tratam-se de instrumentos úteis na restauração do bem-estar e na reestruturação de comunidades após um desastre (Dixit e McGray, 2009). Além disso, destacam-se como importantes componentes dos serviços financeiros, uma vez que atuam como um mecanismo de compartilhamento e transferência dos riscos entre os segmentos da sociedade (Vellinga *et al.*, 2001).

Kousky e Kunreuther (2010) sugerem que as comunidades adotem uma postura focada em medidas de adaptação em áreas onde é projetado o aumento ou a manutenção dos níveis de risco. Com isto, ao invés de se posicionarem de maneira defensiva e reativa, há o incentivo para que sejam adotadas estratégias pró-ativas e de incentivo a práticas de redução dos riscos nestes locais.

A compreensão da dinâmica de ocorrência de eventos extremos, a quantificação dos prejuízos e a correta delimitação da cobertura dos fundos de seguros são tidas como prioridades do setor. Isso porque desastres ambientais podem gerar condições adversas à operação do fundo, uma vez que podem causar alta nos preços e cobertura ineficiente (Vellinga *et al.*, 2001). Sendo assim, a sustentabilidade do mercado de seguros está relacionada com a atualização dos modelos de risco frente às mudanças globais e o aumento da cobertura de possíveis danos, de modo a garantir o gerenciamento adequado dos prêmios a serem pagos pelos usuários (Hofman e Brukoff, 2006).

4. MODELOS DE TRANSFERÊNCIA DE RISCOS HIDROLÓGICOS (MTRHs)

Modelos de seguros sustentáveis são necessários para adaptação a condições de vulnerabilidade a eventos extremos. Tais modelos, aqui chamados de Modelos de Transferência de Riscos Hidrológicos (MTRHs), simulam o armazenamento e a operação de um fundo, mediante pagamento de prêmios e indenizações. Prêmios são quantias paga pelos usuários para contratar o seguro, ao passo que as indenizações são ressarcimentos financeiros direcionados pelo fundo para cobrir os prejuízos dos segurados.

O modelo aqui descrito é continuidade dos trabalhos de Pilar *et al.* (2001), Righetto *et al.* (2007) e Graciosa (2010), cuja unidade de gerenciamento considerada é a bacia hidrográfica. Melhores resultados são obtidos para análises de eventos hidrológicos extremos, tanto para inundações decorrentes de precipitações intensas quanto para estiagens.

Sua estrutura se divide em: i) definição dos cenários a simular; ii) aquisição ou geração de dados de extremos hidrológicos em cada cenário para entrada no modelo; iii) definição do prêmio inicial a ser pago pelos segurados; iv) simulação do armazenamento do fundo de seguros em cada cenário; v) otimização do prêmio a ser pago em cada cenário; vi) avaliação dos resultados com base no retorno financeiro e na solvência de operação do fundo.

Solvência pode ser definida como a capacidade de um fundo de seguros em honrar suas obrigações financeiras, mediante a utilização de seus bens e ativos (Taylor e Buchanan, 1988).

4.1 Definição dos cenários e obtenção dos dados de entrada do modelo

A definição dos cenários é a primeira etapa. Nesta fase é definida a abordagem que será adotada no modelo, ou seja, se serão considerados extremos para vazões máximas, mínimas ou ambas. Também é fixada a quantidade de cenários que serão simulados e analisados durante a modelagem. A geração dos cenários pode considerar aspectos estocásticos, bem como projeções de mudanças climáticas e do uso do solo.

Como dados de entrada do MTRH têm-se as séries temporais de vazões (Figura 3). Desta série são extraídos os valores de extremos. Modelagem adicional pode ser necessária e, potencialmente, acoplada ao modelo, como por exemplo, modelagem climática e/ou hidrológica. A análise desses dados é realizada a partir dos resultados de cenários anuais consecutivos para diversos anos.

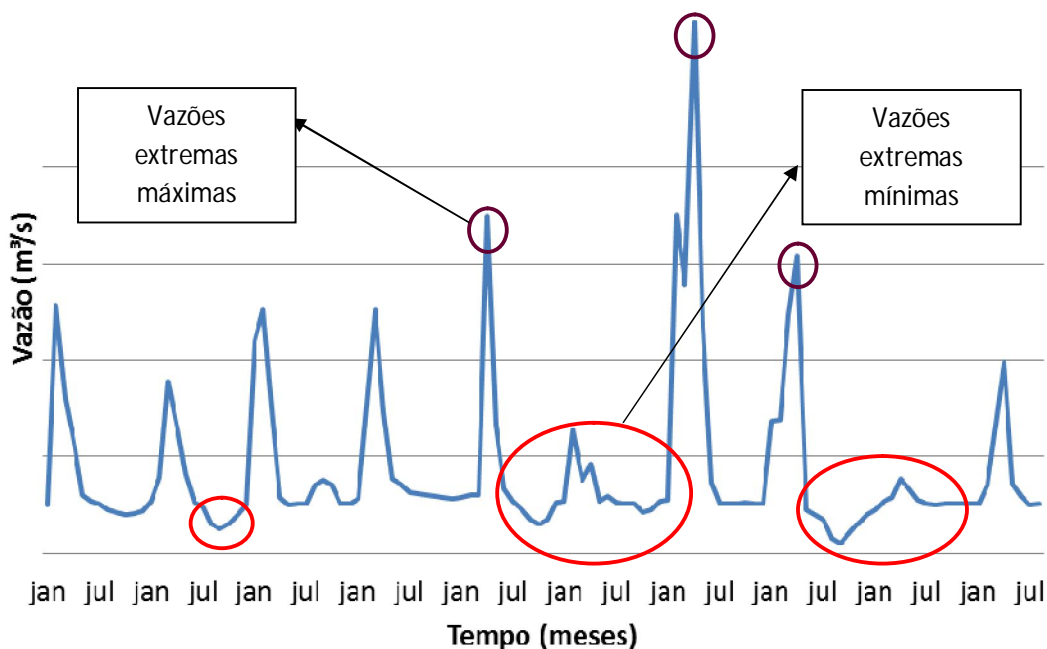


Figura 3 – Série representativa de vazões em uma seção transversal do corpo hídrico.

4.2 Os prejuízos e o prêmio inicial

Para que a implantação de um fundo de seguros seja sustentável e o mesmo opere com segurança, é necessária a quantificação dos riscos (Hofman e Brukoff, 2006; Graciosa, 2010). Para isto, deve-se valorar e quantificar os prejuízos em decorrência dos eventos extremos. As perdas, ou indenizações, serão baseadas em valores obtidos nesta etapa, desde que devidamente associadas à magnitude dos eventos.

O prêmio inicial também é um parâmetro importante do modelo, pois a partir dele são determinadas as condições iniciais da simulação. Baseado neste valor é obtido um prêmio ótimo,

podendo este último ser superior ou inferior ao inicial. O valor inicial para modelagem da operação do fundo pode ser considerado o Valor de Disposição a Pagar (VDP). Trata-se de uma técnica de definição de preços baseada na avaliação de quanto um indivíduo ou comunidade, atingido por determinado impacto, está disposto a pagar para reduzir ou neutralizar os efeitos desses impactos (OECD, 2007). Além do VDP, o prêmio inicial também pode ser um valor pré-determinado pelos responsáveis pelo seguro, embasado em estudos e quantificação dos potenciais prejuízos.

4.3 Simulação do armazenamento do fundo

Uma vez gerados os dados de entrada, definidos os valores potenciais dos prejuízos e adotado o prêmio inicial, ocorre à simulação do armazenamento do fundo. Este fundo é operado através de estimativas de fluxos de caixa, mediante pagamento de prêmios (entradas) e indenizações (saídas). Em sua operação são considerados aspectos econômicos e financeiros como juros, empréstimos e rendimentos.

Para cada cenário, é obtida a evolução do armazenamento ao longo do tempo, em função da ocorrência dos eventos e do ressarcimento dos prejuízos (Figura 4). A partir disto, pode-se avaliar a solvência de cada cenário. Esta avaliação é feita mediante observação da capacidade do ressarcimento dos danos em cada simulação, do saldo positivo armazenado e da independência de empréstimos para cobrir prejuízos do fundo.

Com base na Figura 4, pode-se afirmar que entre os três cenários, o cenário com maior solvência seria o de cor alaranjada (a). Isto porque os prejuízos em decorrência dos desastres não são superiores ao saldo armazenado e o fundo nunca fica negativo. Já como cenário insolvente pode-se citar o de cor verde (c), pois o fundo opera bem próximo de seu limite e a necessidade de empréstimos é alta, uma vez que o saldo armazenado em algumas situações é negativo ou nulo. Como cenário intermediário tem-se o cenário em azul (b), haja vista que o armazenamento é reduzido, porém não fica negativo. Cabe mencionar que neste cenário, em duas situações, o fundo opera bem próximo de seu limite.

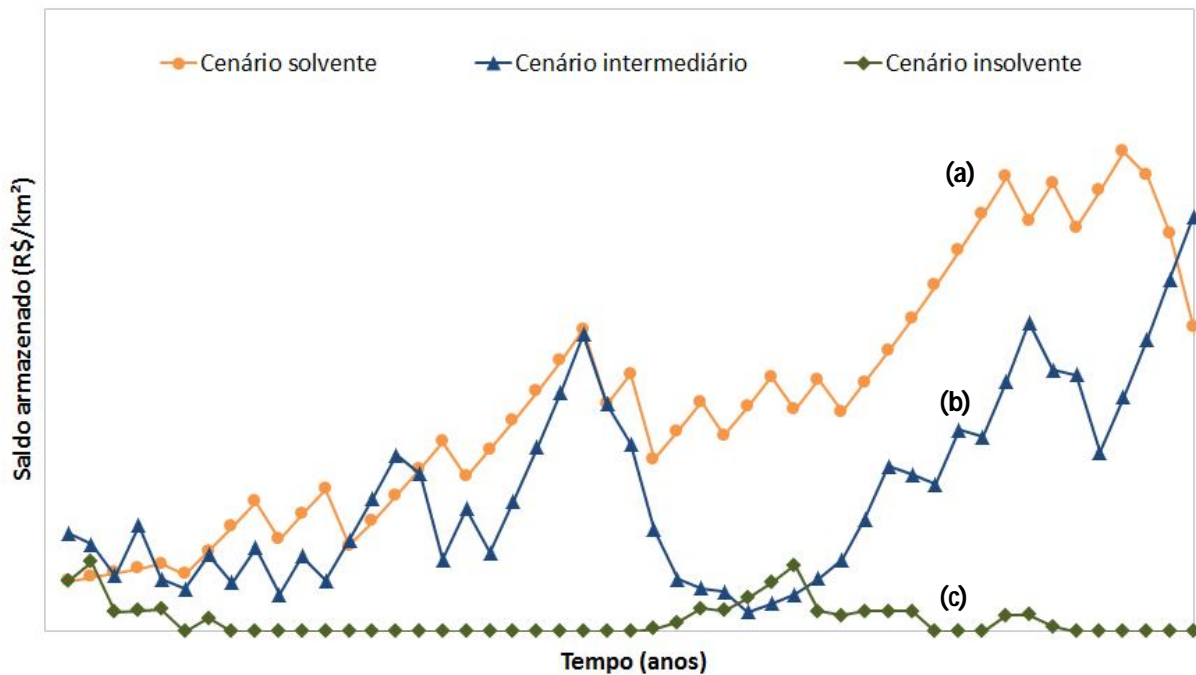


Figura 4 – Armazenamento representativo do fundo de seguros para cada cenário #i.

4.4 Otimização dos prêmios

A otimização dos prêmios é necessária para adequá-los a realidade dos riscos, bem como evitar situações de insolvência e colapso financeiro (Gupta e Li, 2007; Azcue e Muler, 2009). Graciosa (2010) propôs a otimização através de programação linear do prêmio pago pelos segurados, para que sejam atendidos os compromissos do fundo. Ao mesmo tempo, busca-se minimizar a ocorrência de situações onde o mesmo fique como saldo insuficiente ou negativo, sendo necessários empréstimos para cobrir as indenizações.

O resultado da otimização de cenários é exemplificado na Figura 5. O prêmio inicial, representado pela linha contínua azul, é definido anteriormente à simulação da operação do fundo. Uma vez simulados os cenários, tem-se o prêmio otimizado para cada situação (barras azuis). Cenários onde o prêmio ótimo é superior ao prêmio inicial indicam baixa sustentabilidade do fundo, caso as projeções venham a se concretizar. Cenários favoráveis, ou eficientes, são todos os que obtiveram prêmios ótimos abaixo do valor inicial. O retorno financeiro em cada cenário é resultado da diferença entre o prêmio inicial e os prêmios otimizados. O retorno financeiro geral resulta da subtração entre o valor médio dos prêmios ótimos e o valor do prêmio inicial.

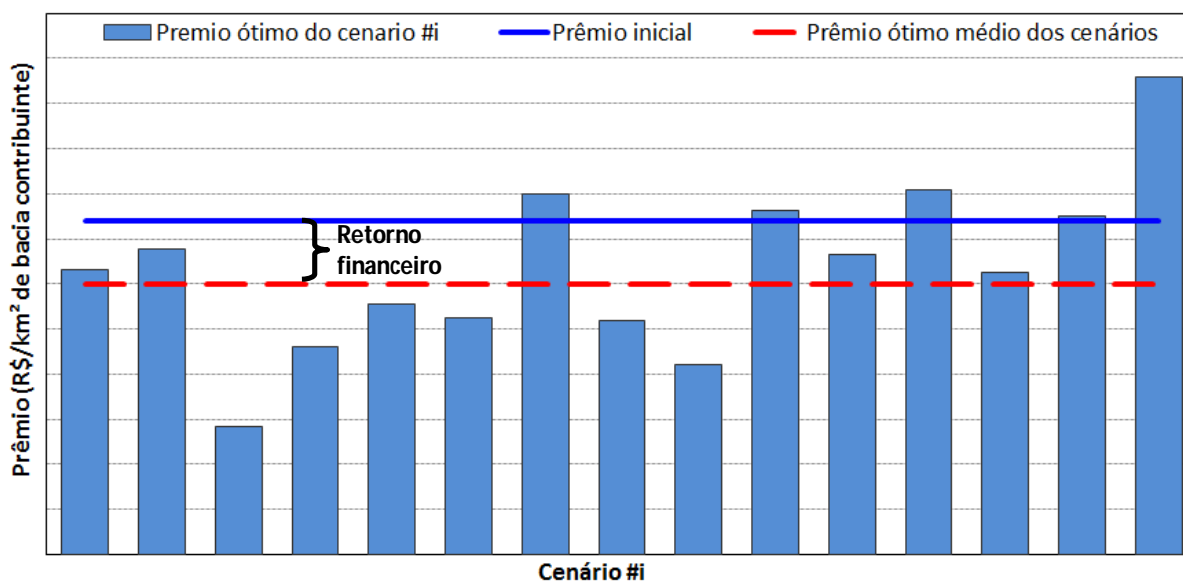


Figura 5 – Prêmios representativos de acordo com um determinado cenário #i.

4.5 Avaliação dos resultados

Com base nas simulações realizadas e na otimização dos prêmios dos cenários, é possível se avaliar o desempenho do fundo de seguros. A partir desta análise, pode-se afirmar se a estratégia agrega ou não potencial de adaptação frente aos extremos considerados, através da indenização dos prejuízos.

Somado a isso, a solvência é uma importante característica da estruturação do fundo. Trata-se de um dos indicadores da viabilidade de implantação e da abrangência da cobertura do mesmo. Quanto maior o número de cenários eficientes, cujo prêmio ótimo é inferior ao prêmio inicial, maior a solvência alcançada. Além da solvência, deve-se considerar o retorno financeiro proporcionado pelo sistema, resultado da diferença entre o prêmio inicial e o otimizado.

Na Figura 6 é analisado o comportamento do fundo com relação ao retorno financeiro e à solvência, em função do valor do prêmio pago pelos segurados ($\$/\text{km}^2$ da bacia).

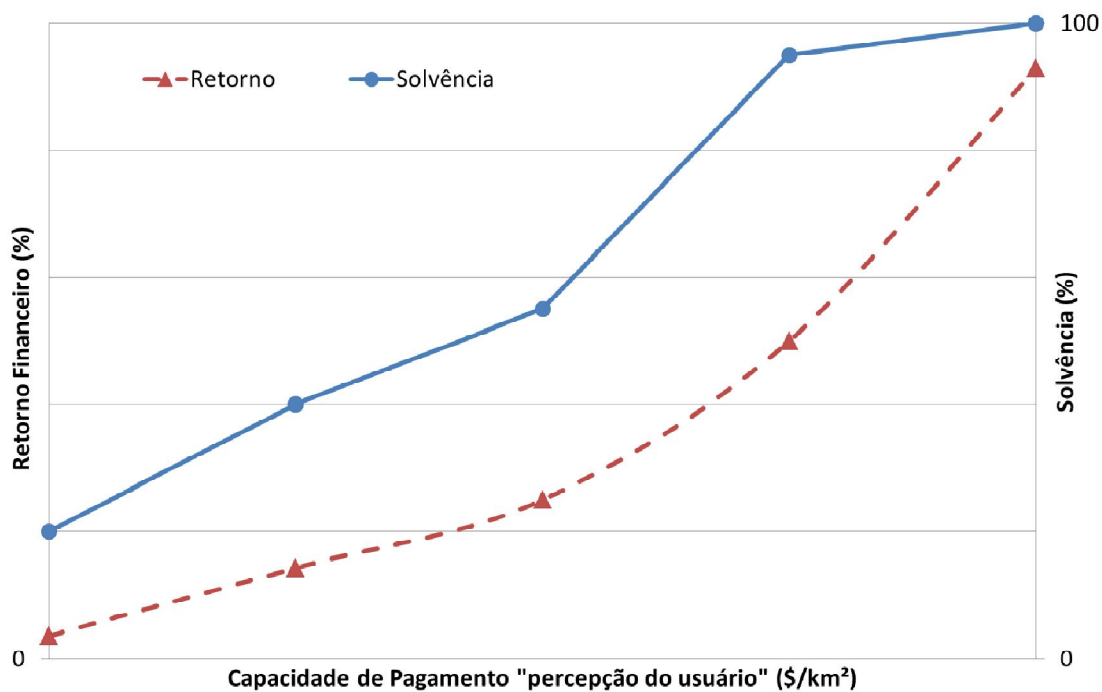


Figura 6 – Curva de análise do retorno financeiro e da solvência em relação ao valor do prêmio.

Valores inferiores de prêmios resultam em insolvência e baixo retorno financeiro. Tem-se, portanto, o risco de colapso e uma menor resiliência do local impactado. Por sua vez, ao passo que o prêmio é elevado, existe um aumento no potencial de cobertura do fundo e, inclusive, a possibilidade de acúmulo de capital, segundo as condições definidas na simulação. Esta condição, além de ser favorável do ponto de vista financeiro, também agrega boas condições de adaptação à bacia hidrográfica onde é implementado. Isto porque o acúmulo de capital pode ser revertido aos segurados na forma de bônus ou investido em estratégias de prevenção e redução de riscos na própria bacia.

Contudo, incertezas permeiam nesta questão, pois o comportamento simulado até então considera leituras estáticas do ambiente. Poucos estudos utilizam cenários dinâmicos, ou seja, que sofrem alterações com o passar do tempo. Assim, sugere-se, conforme apresentado na Figura 7, que o comportamento destas curvas pode variar, segundo condições de mudanças.

A curva do centro (em azul) é a curva característica do fundo simulado, com relação ao retorno e à solvência. As demais curvas indicam as incertezas presentes na dinâmica de bacias hidrográficas, onde vetores de mudanças podem interferir no deslocamento da curva característica do seguro. Entre os principais vetores citam-se as mudanças climáticas e a evolução do uso do solo, entre outros. Além dos vetores, as práticas de previsão e redução dos riscos alteram o comportamento da curva.

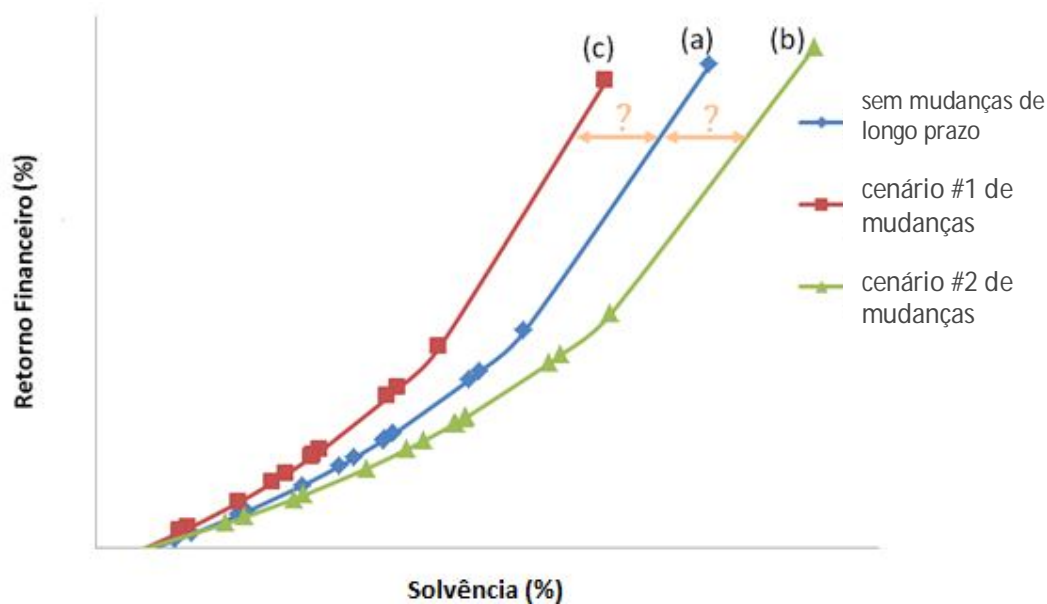


Figura 7 – Solvência e retorno representativo para os cenários.

Alterações na curva característica do seguro interferem no funcionamento deste mecanismo financeiro. Dependendo da magnitude das alterações na bacia, e conseqüentemente dos riscos associados, tem-se modificações no retorno e na solvência do fundo. Diretamente associado a isto, observa-se o grau de adaptação local. Porém, o que não se pode afirmar, é se (ou quanto) estas mudanças alteram o comportamento da curva característica do seguro.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Seguros são mecanismos de transferência de risco, que permitem viabilizar a recuperação de áreas atingidas e a mitigação gradual do risco. O uso destes mecanismos financeiros é de grande utilidade, principalmente sobre a perspectiva de mudanças climáticas e com aumento da ocupação de áreas de risco. Nesse contexto, o uso dos MTRHs apresenta-se como potencial estratégia de resiliência e de adaptação aos impactos decorrentes de eventos extremos.

Entretanto, são necessários mais estudos com o uso desta ferramenta. Recomenda-se rodar o modelo em bacias hidrográficas de diferentes escalas, bem como sob variadas condições climáticas. A introdução dos vetores de mudança citados neste trabalho (mudanças climáticas e evolução do uso do solo) também se faz importante, uma vez que permitem avaliar a sensibilidade do modelo a essas alterações.

A correta quantificação dos riscos e dos prejuízos também é de grande importância para a solvência do seguro, uma vez que é com base nela que serão calculados os prêmios e serão pagas as indenizações.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento (PPG-SHS) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão das bolsas de mestrado e doutorado. E, o uso de MTRHs é proposto em projeto temático FAPESP 2008/58161-1, sob coordenação do CCST/INPE, e para o Núcleo de Apoio à Pesquisa de Mudanças Climáticas, NapMC, liderado pelo IAG/USP

BIBLIOGRAFIA

AZCUE, P.; MULER, N. (2009). “*Optimal investment strategy to minimize the ruin probability of an insurance company under borrowing constraints*”. Insurance: Mathematics and Economics 44 (1), pp.26-34.

ADGER, W. N.; AGRAWALA, S.; MIRZA, M. M. Q.; CONDE, C.; O'BRIEN, K.; PULHIN, J.; PULWARTY, R.; SMIT, B.; TAKAHASHI, K. (2007). “*Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity*”, in *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Org. por Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., van der Linden, P. J. e Hanson, C. E., IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 717-743.

BRASIL. (2009). *Lei Federal nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009 – Institui a Política Nacional sobre Mudança no Clima*.

BRESSIANI, D.; BRANDÃO, J. L. B.; MENDIONDO, E. M.; SIVAPALAN, M. (2010). “*Hidrologia Urbana no Brasil e nos Estados Unidos: Estudo de Caso das Cidades de São Carlos, SP, Brasil e Chicago, Illinois, EUA*” in Anais do X Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos do Nordeste, Fortaleza, Nov. 2010.

BRESSIANI, D. A. (2010). “*Sistema web-mapping integrado de suporte à decisão de riscos hidrológicos em bacias hidrográficas urbanas*”. Projeto de doutorado aprovado pelo Departamento de Hidráulica e Saneamento, EESC-USP em 2011.

DIXIT, A.; MCGRAY, H. (2009). “*Paying the Premium: Insurance as a risk management tool for climate change*”. WRI Working Paper, 15 p.

GODSCHALK, D. (2003). *Urban hazard mitigation: Creating Resilient Cities*. Natural Hazard Review, ASCE, 4(3), pp. 136-143.

GRACIOSA, M. C. P. (2010). *Modelo de seguro para riscos hidrológicos com base em simulação hidráulico hidrológica como ferramenta de gestão do risco de inundações*. 2010. 191 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos.

GUPTA, A. LI, L. (2007). “*Integrating long-term care insurance purchase decisions with saving and investment for retirement*”. Insurance: Mathematics and Economics 41(3), pp. 362–381.

HOFMAN, D.; BRUKOFF, P. (2006). “*Insuring Public Finances Against Natural Disasters: A Survey of Options and Recent Initiatives*”. IMF Working Paper, 24p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Org. por Pachauri, R. K. e Reisinger, A. IPCC, Genebra, 104 p.

KOUSKY, C.; KUNREUTHER, H. (2010). “*Improving Flood Insurance and Flood-Risk Management: Insights from St. Louis, Missouri*”. *Natural Hazards Review* 11(4), pp. 162-172.

MENDIONDO, E. M. (2005). “*An overview on urban flood risk management*”. *Revista Minerva Pesquisa e Tecnologia* 2(2), pp. 131-143.

MENDIONDO, E. M. (2010). “*Reducing vulnerability to water-related disasters in urban areas of the humid tropics*”, in *Integrated Urban Water Management*. Org. por Parkinson, J. N., Goldenfum, J. A. e Tucci, C. E. M. UNESCO-IHP, CRC Press, Paris, pp. 109-127.

MENDIONDO, E. M.; VALDÉS, J. B. (2002). “*Strategies for Sustainable Development of Water Resources Systems*” in *Proceedings of the International Conference on New Trends in Water and Environmental Engineering Safety and Life: Eco-compatible Solutions for Aquatic Environments*, Capri, 2002, 2, pp. 1-20.

MUNICH RE. (2006). *Munich Re Topics Geo 2005*. Munich Re Group, 56 p.

MUNICH RE. (2011). *Munich Re Topics Geo 2010*. Munich Re Group, 58 p.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. (2007) *Glossary of Statistical Terms*. OECD, 863 p.

PILAR, J. V.; MENDIONDO, E. M.; LANNA, E. (2001). “*Um modelo de seguro agrícola para a gestão de riscos na agricultura em sequeiro*”, *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 6(1), Porto Alegre, p. 85-93.

RIGHETTO, J; MENDIONDO, E. e RIGHETTO, A. (2007). *Modelo de Seguro para Riscos Hidrológicos*. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 12 (2), p. 107-113.

SMIT, B.; PILIFOSOVA, O.; BURTON, I.; CHALLENGER, B.; HUQ, S.; KLEIN, R. J. T.; YOHE, G. (2001). “*Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity*”, in *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Org. por McCarthy, J. J., Canziani, O., Leary, N. A., Dokken, D. J. e White, K. S., IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 877-912.

TAYLOR, G.; BUCHANAN, R. (1988). “*The Management of Solvency*”, in *Classical Insurance Solvency Theory*. Org. por Cummins, J. D. e Derrig, R. A. Kluwer Academic Publishers, Boston.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME FINANCE INITIATIVE (UNEP FI). (2007). *Insuring for Sustainability: Why and How the Leaders are doing it*. UNEP FI, Paris, 64 p.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME FINANCE INITIATIVE (UNEP FI). (2011). *Advancing adaptation through climate information services*. UNEP FI e SBI, Genebra, 2011, 28 p.

UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (UNISDR). (2004). *Living with Risk: A global review of disaster reduction initiatives*. UNISDR, Genebra, 429 p.

UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (UNISDR). (2009). *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*. UNISDR, Genebra, 207 p.

UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (UNISDR). (2011). *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction: Summary and Main Findings*. UNISDR, Genebra, 24 p.

UNITED NATIONS WATER (UN-WATER). (2010). *Climate Change Adaptation: the pivotal role of water*. Policy Break. UN-Water. 18 p.

VELLINGA, P.; MILLS, E.; BERZ, G.; BOUWER, L.; HUQ, S.; KOZAK, L. A.; PALUTIKOF, J.; SCHANZENBÄCHER, B.; SOLER, G. “Insurance and Other Financial Services”, in *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Org. por McCarthy, J. J., Canziani, O., Leary, N. A., Dokken, D. J. e White, K. S., IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 417-450.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). (2009). *Report of the World Climate Conference-3*. WMO, Genebra, 84 p.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). (2011). *Climate Knowledge for Action: A Global Framework for Climate Services*. WMO, Genebra, 248 p.

ZILLMAN, J. W. (2009). “The Vision for World Climate Conference-3”, Apresentação durante a III Conferência Climática Mundial, Setembro, Genebra.