

ESTUDOS RELATIVOS ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E RECURSOS HÍDRICOS PARA EMBASAR O PLANO NACIONAL DE ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

EIXO 3 – INSTRUMENTO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Brasília DF
Outubro de 2014

© Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) é uma associação civil sem fins lucrativos e de interesse público, qualificada como Organização Social pelo executivo brasileiro, sob a supervisão do Ministério da Ciência, tecnologia e inovação (MCTI). Constitui-se em instituição de referência para o suporte contínuo de processos de tomada de decisão sobre políticas e programas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). A atuação do Centro está concentrada nas áreas de prospecção, avaliação estratégica, informação e difusão do conhecimento.

Presidente

Mariano Francisco Laplane

Diretor Executivo

Marcio de Miranda Santos

Diretores

Antonio Carlos Filgueira Galvão

Gerson Gomes

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
SCS Qd 9, Bl. C, 4º andas, Ed. Parque Cidade Corporate
70308-200, Brasília, DF.
Telefone: (61) 34249600
<http://www.cgEE.org.br>

Este estudo é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do Contrato Administrativo celebrado entre o CGEE e a Agência Nacional de Águas – ANA: Contrato Nº.110/ANA/2013

Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução de dados e informações contidos nesta publicação, desde que citada a fonte.

INSTRUMENTO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Supervisão

Antonio Carlos Filgueira Galvão

Líder do CGEE

Antonio Rocha Magalhães

Rubem La Laina Porto (consultor)

Sumário

1	Introdução	5
2	Avaliação sobre mudança climática global no ciclo hidrológico	7
3	Gestão de recursos hídricos em condições de incerteza	11
4	A gestão nacional de recursos hídricos no contexto das mudanças climáticas globais.....	13
5	Vulnerabilidade e adaptação aos efeitos das mudanças climáticas.....	17
6	Gestão de recursos hídricos em condição de incerteza.....	22
6.1	Conceito de probabilidade, frequência, vazão de referência, período de retorno e risco.....	22
6.2	Instrumentos de gestão de recursos hídricos sob influência de mudanças climáticas.....	25
6.2.1	Plano de Recursos Hídricos	27
6.2.2	Enquadramento dos corpos d'água.....	40
6.2.3	Outorga de uso d'água	47
6.2.4	Cobrança pelo uso da água	58
6.2.5	Sistemas de Informação.....	61
7	Conclusões	63
8	Referências bibliográficas	67
9	Anexo.....	71
9.1	Avaliação de risco na gestão de recursos hídricos no contexto de mudanças climáticas	71
9.2	Estudo de caso: sistema de aproveitamento de recursos hídricos	71
9.3	Avaliação de risco na outorga de direito de uso da água em condição de mudança climática	74

1 Introdução

O uso sustentável dos recursos naturais a fim de satisfazer as necessidades das gerações futuras e de manter condições aceitáveis de qualidade de vida é o principal desafio da humanidade. Em se tratando de recursos hídricos, o alcance deste objetivo centra-se na sua governança e gestão, bem como em todos os aspectos ambientais, sociais e econômicos que afetam o uso sustentável da água em cada bacia hidrográfica.

O bom desempenho no uso dos recursos hídricos envolvem muitas atividades que precisam ser regulamentadas por padrões e normas constituindo uma política definida para o setor. No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos é instituída pela Lei Federal nº 9.433/1997 cujos objetivos são: assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, a utilização racional e integrada dos recursos hídricos com vistas ao desenvolvimento sustentável em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos e a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais. Os instrumentos previstos na Lei para concretizar esses objetivos são: a) os Planos de Recursos Hídricos desenvolvidos para cobrir várias escalas espacial e temporal; b) o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; c) outorga dos direitos de uso; d) a cobrança pelo uso; e) o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

A tarefa de desenvolver competência para organizar o setor em cada estado da federação foi atribuída aos órgãos gestores, que deverão implantar o sistema de gerenciamento com a participação da sociedade reunida em comitês de bacia.

O desempenho do sistema de recursos hídricos em cada bacia depende da ação integrada dos instrumentos de gestão e devem abranger situações específicas, tais como, as perspectivas de desenvolvimento socioeconômico, as modificações dos padrões de ocupação do solo, a identificação de conflitos potenciais associados ao balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, e as medidas a serem tomadas, incluindo os programas, projetos, critérios e normas a serem implantados, para o atendimento das metas previstas.

O aumento da demanda e a degradação das fontes de abastecimento aumenta a pressão sobre os recursos hídricos que tende a aumentar com crescimento da população, desenvolvimento econômico e às mudanças no uso do solo.

Fatores externos como condições econômicas, desastres naturais e mudanças climáticas podem aumentar os riscos de desabastecimento de água, de danos causados por eventos hidrológicos extremos, de produção de energia, de queda na produção de fibras e alimentos, dos impactos nos serviços ecossistêmicos e de aumento de problemas de saúde pública.

Este capítulo tratará dos potenciais efeitos das condições adversas provocadas pelas mudanças climáticas globais ao sistema de gerenciamento dos recursos hídrico no Brasil. Quando couber será avaliado a interação dos fatores climáticos, ambientais e humanos que poderão agravar os riscos decorrentes dos impactos e catástrofes. No segundo item é apresentado um breve relato sobre mudança climática global no ciclo hidrológico de acordo com o quinto relatório de avaliação (Fifth Assessment Report - AR5) do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC). O terceiro item aborda aspectos gerais da gestão dos recursos hídricos sob condição de incertezas. No quarto item capresenta a relação entre a política nacional de recursos hídricos e a política nacional sobre mudança climática. No quinto item são discutidos os conceitos de incerteza e o risco dos impactos na gestão de recursos hídricos impostos por potencias mudanças climáticas globais, em condições de exposição e vulnerabilidade da população à eventos hidrológicos extremos. O sexto item apresenta conceitos de probabilidade, frequência, vazão de referência, período de retorno e risco, e trata das adaptações dos instrumentos de gestão às mudanças climáticas. No sétimo item são apresentadas as conclusões do relatório. O oitavo item apresenta as referências bibliográficas utilizadas na elaboração do documento. E no nono item, apresentado como anexo, é demonstrado como a avaliação de risco pode ser utilizada na gestão de recursos hídricos no contexto de mudanças climáticas. Para isso é apresentado um caso de estudo sobre a outorga de direito de uso da água.

2 Avaliação sobre mudança climática global no ciclo hidrológico

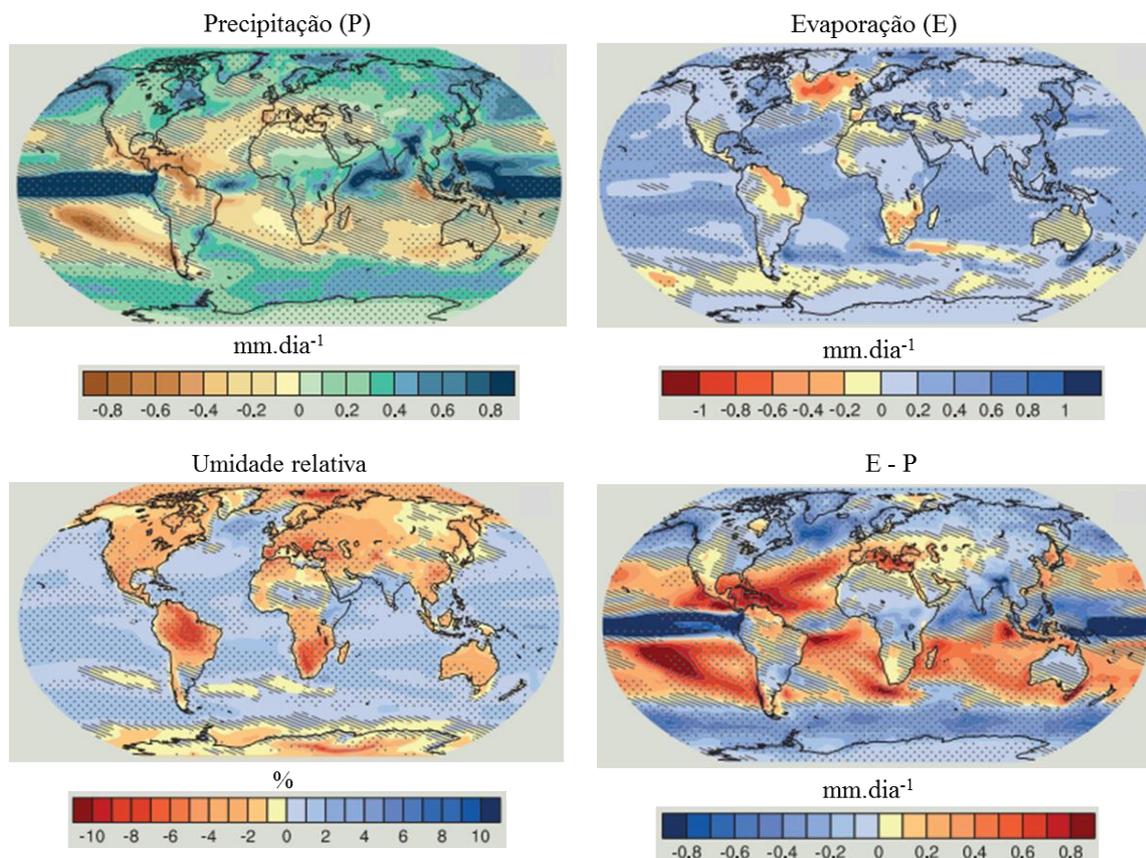
Dados indicam que houve aumento de 3,5% da concentração de vapor d'água na troposfera numa grande escala espacial desde a década de 1970. Esse aumento da umidade específica é consistente com o aumento da temperatura do ar de 0,5°C no mesmo período de 40 anos. A mudança de vapor de água pode ser atribuída à influência humana com média confiança. Também foi observado um aumento da salinidade da água da superfície dos oceanos, sendo que nas regiões onde a evaporação foi maior que a precipitação as águas tornaram-se mais salinas. O contraste médio entre regiões de alta e de baixa salinidade aumentou de 0,08 para 0,17 vezes de 1950 a 2008. O oceano Atlântico tornou-se mais salgado enquanto que os oceanos Pacífico e do sul tornaram-se mais doce (Stocker et al., 2013).

Modelos de circulação global oceano-atmosfera têm sido utilizados para mostrar os efeitos das alterações das concentrações dos gases constituintes da atmosférica, provocados por direcionadores naturais e antropogênicos, sobre as mudanças climáticas. Projeções de mudanças em todos os componentes do sistema climático são baseadas em modelos de simulações forçados por um conjunto de cenários de emissão. Os resultados são expressos em termos de nível de confiança de sua ocorrência de acordo com o tipo, quantidade, qualidade e consistência das evidências, bem como do grau de concordância dos estudos científicos realizados.

Projeções de mudanças futuras indicam que a precipitação tende a aumentar gradualmente no Século 21. O aumento deverá ocorrer em escala global, mas não uniformemente. Em regiões de alta latitude provavelmente receberá maiores quantidades de precipitações devido à capacidade de condução de vapor d'água na troposfera aquecida. Nas regiões áridas subtropical, semiáridas e de latitude médias é provável que receberão menos precipitação (Stocker et al., 2013). É provável que o número de eventos de precipitação intensa sobre a terra aumentará em mais regiões do que tem diminuído desde a metade do Século 20. Há elevada confiança de que a taxa de precipitação diária intensa aumentará mais rápido do que o tempo médio ocorrido no Século 20 e média confiança que extremos diários e horários aumentem em algumas localidades de 5 a 10% por °C de aquecimento.

Não há dados observados para comprovar evidências de sinal de tendência na magnitude e/ou frequência de inundações e seca em escala global. Entretanto, há possibilidade, com média confiança, de que as secas e as inundações superem em magnitude e/ou frequência as que ocorreram no passado.

A Figura 1 resume as mudanças previstas para ocorrer no ciclo hidrológico em todo o planeta em um clima mais quente, para o período de 2081-2100 relativo ao período de 1986-2005, para o cenário em que a radiação média total recebida na superfície é de $8,5 \text{ W.m}^{-2}$. De modo geral, observa-se que, no Brasil, a precipitação, a evaporação, a $E - P$, a umidade relativa, o escoamento superficial e a umidade do solo tendem a diminuir nas regiões Norte e Nordeste e aumentar nas regiões Sul e Sudeste. As áreas hachuradas com linhas paralelas indicam que a média obtida dos modelos é menor do que um desvio padrão da variabilidade interna. Na região Centro Oeste observa-se uma forte tendência de redução da umidade relativa e da umidade do solo (Stocker et al., 2013).



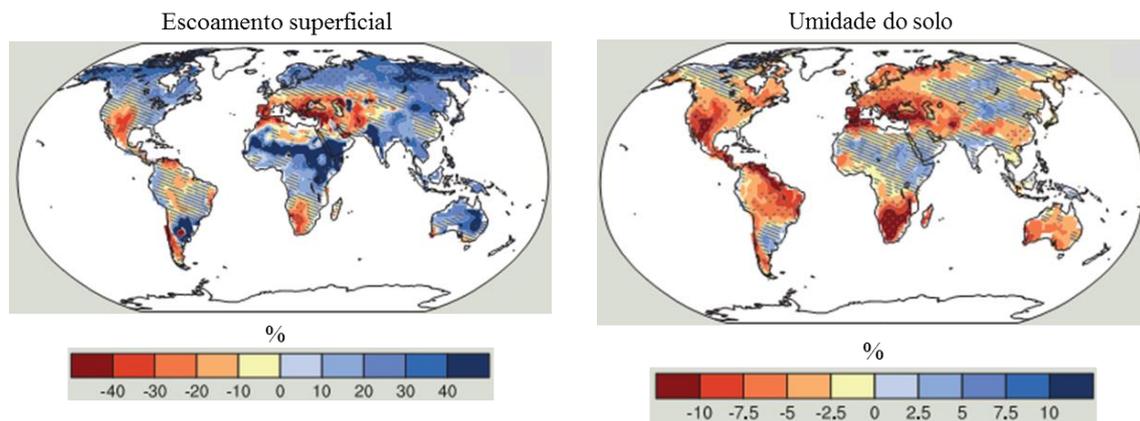


Figura 1. Mudança nos valores médios anuais de variáveis do ciclo hidrológico para 2081-2100 em relação a 1986-2005. As áreas hachuradas com pontos indicam que a média obtida dos modelos é maior do que dois desvios padrão da variabilidade interna e onde 90% dos modelos concordam com o sinal de mudança. Fonte: Stocker et al., 2013).

Apesar do avanço científico aplicado à análise de dados hidrometeorológicos e do esforço de muitos pesquisadores dedicados ao assunto, ainda há incertezas sobre as previsões climáticas. Segundo Stocker et al. (2013), os principais fatores causadores da baixa confiabilidade e robustez das previsões de longo prazo na circulação atmosférica em escala global são a falta de observações diretas das variáveis, a grande variabilidade interanual sobre a escala de tempo decenal e as diferenças entre os conjuntos de dados. A previsão na escala regional é comprometida pela falta de representatividade de relevantes processos locais nos modelos de circulação global. Este fato também limita a capacidade dos modelos para simular mudanças na frequência e na intensidade de eventos extremos. Do mesmo modo, as mudanças projetadas na umidade do solo e no escoamento superficial não apresentam robustez em muitas regiões.

Técnicas de modelagem climática regional, conhecidas como “downscaling”, que implica em reduzir a escala da previsão climática de centenas de quilômetro para algumas dezenas, têm sido utilizadas para melhorar a informação no nível local. Entretanto, em função da ausência ou baixa qualidade de dados meteorológicos locais, necessários à calibração dos modelos, a previsão de eventos extremos em menores escalas temporal e espacial não é confiável (Wilby e Dessai, 2010).

Diante da dificuldade de prever mudança de regime hidrológico e, tão pouco, na mudança na magnitude e frequência de eventos extremos, no curto prazo e na escala espacial no nível de bacia hidrográfica, recomenda-se cuidado na

interpretação dos dados sobre mudanças climáticas quando utilizados para orientar as medidas necessárias para minimizar os impactos provocados e na elaboração dos planos de recursos hídricos.

3 Gestão de recursos hídricos em condições de incerteza

Embora as perspectivas a respeito de mudanças climáticas sejam incertas elas não devem ser negligenciadas pelo simples fato de que as ações planejadas para prevenir eventos imprevistos apresentam sempre melhor resultado do que as ações abruptas tomadas para remediá-los. Portanto, uma questão importante a ser discutida é como medidas de adaptação poderão ser tomadas em relação às incertezas sobre a variabilidade dos eventos climáticos extremos e quais as políticas de gestão e de operação de sistemas hidrológicos devem ser adotadas para minimizar o risco dos impactos dos eventos extremos.

Eventos climáticos extremos podem causar alterações severas ao ambiente natural e podem provocar danos à sociedade dependendo das suas condições de exposição e de vulnerabilidade. Os danos podem levar a perdas de vida humana ou injúria à saúde, materiais, econômicas, interrupção de serviços e danos ambientais que requerem resposta imediata. Exposição refere-se à localização de pessoas ou estruturas que podem ser adversamente afetadas por eventos físicos e que estão sujeitas a potenciais danos ou perdas. Vulnerabilidade é a propensão ou predisposição de ser adversamente afetado (Lavell et al., 2012).

Segundo Lavell et al. (2012), muitos eventos registrados anualmente nas bases de dados são relacionados a eventos físicos que não são considerados probabilisticamente extremos e que ainda assim causam importantes impactos sociais e econômicos. Isso mostra o quanto a exposição e a vulnerabilidade da sociedade são importantes para a definição das ações voltadas a reduzir o risco dos impactos provocados por eventos extremos e as estratégias de adaptação.

Gerenciar o risco implica no processo de concepção, implantação e avaliação de estratégias, políticas e medidas para melhorar a compreensão do risco de ocorrência do evento, e a melhoria contínua das práticas de prevenção e recuperação. Adaptação à mudança climática é o processo de adequação aos efeitos da alteração real ou esperada no clima a fim de mitigar danos ou explorar oportunidades benéficas.

Neste contexto, é essencial executar a gestão dos recursos hídricos em condições de incerteza. Simonovic (2009) denomina este problema como paradigma

da incerteza. Segundo o autor, incerteza na gestão de recursos hídricos pode ser dividida em duas formas: incerteza inerente à variabilidade hidrológica e a incerteza causada pela falta de conhecimento do dado. A variabilidade hidrológica é o resultado das flutuações inerentes nas quantidades das variáveis. As três principais fontes de variabilidade são temporal, espacial e heterogeneidade individual. A primeira ocorre quando os valores flutuam no tempo, a segunda ocorre quando os valores dependem de sua localização em uma área, e a terceira abrange todas as demais fontes de variabilidade. A incerteza causada pela falta de conhecimento ocorre quando um valor particular de interesse não pode ser obtido com a completa confiança devido à falta de compreensão ou limitação de conhecimento.

Não se faz gestão de recursos hídricos sem dados hidrológicos (nível, vazão, sedimentos e qualidade da água). A informação hidrológica é indispensável para alocação de água entre múltiplas demandas, para projetos de infraestrutura hídrica (barragens, reservatório, vertedores, canais, derivações, hidrelétricas, etc.) e projetos de saneamento e proteção ambiental (zoneamento, saúde pública, estabelecimento de normas, legislação, etc.). Em geral as bacias apresentam número insuficiente de estações de monitoramento de dados hidrometeorológicos ou, quando se apresenta em número suficiente, elas não estão adequadamente distribuídas, existindo escassez em grandes áreas. Segundo Simonovic (2009), as redes de coleta de dados são insuficientes para fornecer as informações necessárias para entender e explicar as mudanças nos sistemas naturais.

Outro componente do paradigma da incerteza é a alteração futura da variabilidade natural observada causada pela potencial mudança climática. A consequência hidrológica de um potencial aquecimento global é a alteração das vazões máximas e mínimas dos rios. Segundo Simonovic (2009), o potencial aquecimento global conduz a maiores mudanças nas vazões extremas do que nas vazões médias anuais e sazonais, especialmente nas pequenas e médias bacias, assim como uma maior frequência de secas severas. Compreender a natureza e a importância das incertezas é um pré-requisito essencial para a sua gestão eficiente e eficaz.

4 A gestão nacional de recursos hídricos no contexto das mudanças climáticas globais

A fim de aprimorar as ações de mitigação da mudança do clima, o Brasil apresentou o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (Brasil, 2008). Foi a primeira iniciativa organizada de criação das condições internas para lidar com os impactos das mudanças climáticas globais.

Posteriormente, o Plano foi oficialmente incluído como instrumento da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei Federal nº 12.187/2009. A PNMC é o principal marco legal sobre mudança do clima no país e onde são estabelecidos seus princípios, objetivos, diretrizes e instrumentos. A Lei foi regulamentada pelo Decreto nº 7.390/2010 (Brasil, 2010) que também definiu os planos setoriais de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Em setembro de 2013, o GEx apresentou uma atualização do Plano Nacional sobre Mudança do Clima, como versão preliminar (Brasil, 2013).

A governança da PNMC cabe ao Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM) e seu Grupo Executivo (GEx), instituídos pelo Decreto nº 6.263/2007 (Brasil, 2008) cujos instrumentos institucionais para sua execução são, entre outros: o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, o Fórum Brasileiro de Mudança do Clima (FBMC), a Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais - Rede Clima e a Comissão de Coordenação das Atividades de Meteorologia, Climatologia e Hidrologia (CMCH). A CMCH tem dentre suas atribuições a de coordenar, acompanhar e contribuir para a avaliação da execução das atividades de meteorologia, climatologia e hidrologia. A Figura 2 apresenta a estrutura de governança criada pelo Plano Nacional sobre Mudança do Clima no Brasil.

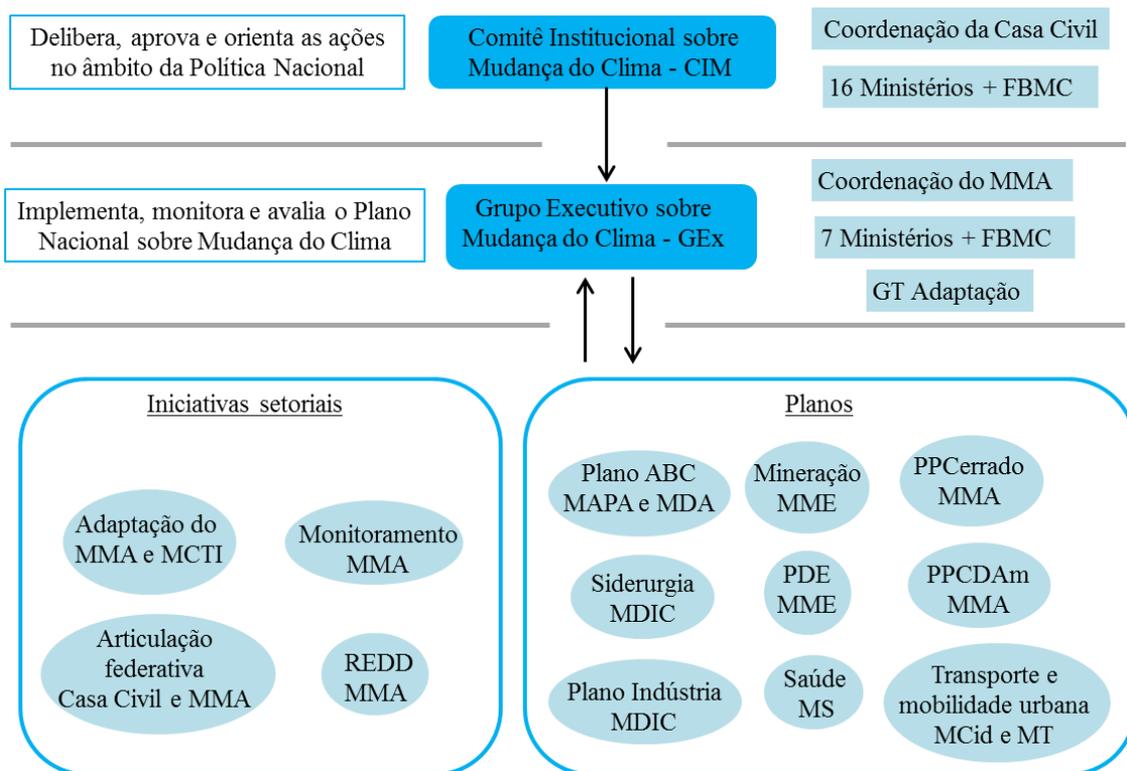


Figura 2. Estrutura da governança da Política Nacional sobre Mudança do Clima. Adaptado de BRASIL (2013). REDD - redução de emissões decorrentes de desmatamento e degradação florestal; FBMC - Fórum Brasileiro de Mudança do Clima; PPCDAm – Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia Legal; Plano ABC – Plano Agricultura de Baixa Emissão de Carbono; PPCerrado - Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado; PDE – Plano Decenal de Expansão de Energia

O grupo de trabalho, denominado GT Adaptação, foi criado dentro do CEx para elaborar o Plano Nacional de Adaptação (PNA), cujo objetivo é analisar vulnerabilidades e estabelecer e estruturar um conjunto de medidas governamentais de adaptação à mudança do clima. A fim de melhor distribuir os trabalhos foram criadas, dentro do GT Adaptação, redes temáticas das quais a Rede Água cuidará das ações relacionadas aos recursos hídricos. Esta rede é coordenada pela Agência Nacional de Águas (ANA) e tem entre outras metas analisar os impactos das mudanças climáticas nos instrumentos de gestão de recursos hídricos.

Segundo ANA (2013), as ações previstas nos planos setoriais de mitigação abordam transversalmente o uso de recursos hídricos, por ser a água um insumo importante à maioria dos processos produtivos. Devido à importância do assunto, a entidade, propôs a adoção de cinco frentes de respostas adaptativas, no âmbito da implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, para combater os possíveis impactos das mudanças climáticas globais: a) nas atividades de planejamento de recursos hídricos; b) no monitoramento hidrológico; c) nas

atividades de acompanhamento e mediação de eventos hidrológicos críticos; d) na regulação, particularmente na análise e na concessão de outorgas de uso da água; e e) na comunicação social e capacitação de atores do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

Em relação à atividade de planejamento, a ANA passou a utilizar a metodologia de simulação dos efeitos de mudanças climáticas para construir cenários de disponibilidade hídrica, a fim de identificar condições críticas, conforme previsto por modelos climáticos, para serem utilizados na elaboração de Planos de Recursos Hídricos. No Plano Estratégico de Recursos Hídricos dos Afluentes da Margem Direita do Rio Amazonas foi adotado um valor médio dos resultados de 15 modelos climáticos do IPCC para o período de 2010-2040 (ANA, 2013).

Por meio do Programa de Modernização da Rede Hidrometeorológica Nacional, a ANA busca manter a continuidade e a qualidade das informações hidrológicas levantadas em campo, e assim minimizar as deficiências de observações visando a obtenção de dados de melhor qualidade e com menos interrupções em suas séries hidrológicas, bem como melhorar a distribuição espacial das estações, além de diminuir o tempo entre a coleta dos dados e a sua disponibilização para os usuários (ANA, 2013).

Em casos de ocorrência de eventos hidrológicos críticos a ANA age de modo a embasar uma solução de curto prazo. Em bacias hidrográficas que abrigam sistemas de abastecimento prioritários e na ocorrência de eventos críticos, tais como ocorrem nas bacias dos rios São Francisco, Paraíba do Sul e Piracicaba (Sistema Cantareira), a ANA realiza o acompanhamento destes eventos e produz boletins mensais de avaliação. As análises da evolução das chuvas, dos níveis e das vazões dos rios e reservatórios, a previsão do tempo e do clima, bem como a realização de simulações matemáticas que auxiliam na prevenção de eventos hidrológicos críticos são desenvolvidas pela Sala de Situação (ANA, 2013).

As iniciativas ligadas à comunicação social e capacitação são realizadas por meio de divulgação de informações aos organismos de bacias (Comitês e Agências), e de cursos de capacitação para gestores técnicos na temática de previsões, consequências, adaptações às mudanças climáticas (ANA, 2013).

Quanto à regulação, a ANA considera que o fortalecimento do sistema de análise e concessão de outorga de uso da água, pelo fato de contribuir para o uso adequado dos recursos em bacias com estresse hídrico, atenua os possíveis

impactos das mudanças climáticas que possam a vir ocorrer nessas bacias (ANA, 2013). Embora esta premissa não seja falsa, outras medidas poderiam ser adotadas no sentido de melhorar a eficácia da aplicação deste e de outros instrumentos de acordo com as incertezas de ocorrência futura dos eventos hidrológicos críticos. A avaliação do risco desses eventos tem sido apontada como um caminho para lidar com o problema (Simonovic, 2009, Lavell et al., 2012, Wilby e Dessai, 2010).

5 Vulnerabilidade e adaptação aos efeitos das mudanças climáticas

Sistemas de recursos hídricos tende a se tornar mais complexos devido ao aumento das múltiplas demandas que vão surgindo com o passar do tempo e da expansão da rede de distribuição de água. Com isso pode-se aumentar os potenciais conflitos sobre o uso da água entre os diferentes usuários, os custos de desenvolvimento da infraestrutura necessária para distribuir a água e consigo os custos de manutenção e operação, além de requerer um sistema de governança que promova eficiência ao gerenciamento e ao planejamento dos recursos hídricos.

Os efeitos das mudanças climáticas são variações prováveis nos eventos climáticos extremos que resultam em maior variabilidade na ocorrência de secas e enchentes, tornando-os mais frequentes dependendo da região hidrográfica. As incertezas climáticas contribuem para aumentar o risco de falha nos serviços de abastecimento de água e no dimensionamento da infraestrutura hídrica necessária ao funcionamento dos sistemas de recursos hídricos. Esta preocupação ressalta a necessidade de se dispor de sistemas que sejam menos afetados pela variabilidade climática e, principalmente, sejam adaptáveis a situações adversas.

Isso significa que os sistemas de recursos hídricos devem ser resilientes. De acordo com IPCC (2012), resiliência é a capacidade de um sistema e seus componentes de antecipar, acomodar ou se recuperar dos efeitos de um evento de grande estresse em tempo hábil e de forma eficiente, de modo a assegurar a preservação, a restauração ou a melhoria das estruturas básicas essenciais ao funcionamento do sistema. Segundo Porto e Porto (2014) um sistema resiliente é aquele que tem a capacidade de oferecer a seus usuários a retomada à vida normal mesmo após uma situação de grande estresse.

Saber como os sistemas de recursos hídricos passem por situações de estresse hídrico sem grandes prejuízos aos usuários e à população é uma condição imprescindível no contexto de mudança climática. A correta avaliação do risco é um ponto importante para que se alcance a segurança hídrica (Porto e Porto, 2014).

Três fatores devem ser considerados na avaliação do risco de eventos extremos, a probabilidade de ocorrência, o dano causado e a exposição ao evento.

Crichton (1999) representou este conceito na forma de um triângulo de risco (Figura 3).

A ameaça é a probabilidade de ocorrência de um evento de determinada magnitude e é normalmente expressa, na área de recursos hídricos, por meio do período de retorno ou da probabilidade de um sistema falhar em atender uma determinada demanda.

A vulnerabilidade é uma propriedade intrínseca do sistema, ou seja, refere-se às fragilidades que o sistema apresenta e a fatores externos de falha. Também pode ser definida como a propensão ou predisposição de ser adversamente afetado (Lavell et al., 2012). Um exemplo de vulnerabilidade poderia ser um sistema com critérios bem definidos de outorga de uso da água sem informações suficientes ou sem pessoal capacitado para operá-lo.

A exposição refere-se à maior ou menor susceptibilidade do sistema de recursos hídricos em relação aos eventos críticos. Pode também está relacionada à posição ou localização de pessoas, estruturas ou bens que podem ser adversamente afetados por eventos físicos e que estão sujeitas a potenciais danos ou perdas (Lavell et al., 2012).

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 os sistemas de recursos hídricos são submetidos é, portanto, o processo que visa, mitigar os respectivos danos decorrentes por meio da redução desses fatores.

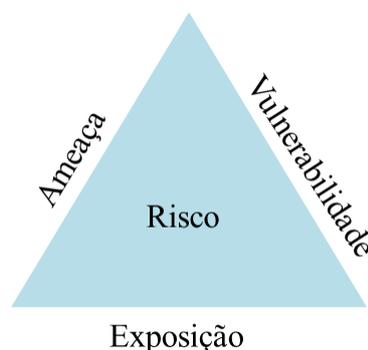


Figura 3. Triângulo de risco. Fonte: Crichton (1999).

A redução do risco por meio da redução da ameaça é possível através de medidas que visem aumentar a garantia dos sistemas, isto é, tenham como meta

reduzir a probabilidade de falha. Uma maneira de fazer isso seria por meio da previsão dos eventos climáticos extremos, porém a capacidade de previsão de tais fenômenos ainda é bastante limitada o que introduz grande incerteza ao processo.

Wilby e Dessai (2010) propõem duas diferentes abordagens de avaliação de risco climático para o planejamento adaptativo em recursos hídricos. A primeira abordagem envolve a previsão climática regional por meio do “downscaling”, a partir de modelos climáticos globais, resultando na formação de cenários locais que servem de entrada para modelos de previsão de vazão para em seguida indicar as medidas de adaptação para maximizar benefícios ou minimizar os riscos previsíveis.

Esta metodologia atualmente é utilizada para identificar os impactos das mudanças climáticas sobre a hidrologia da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, assim como as implicações sobre o processo de alocação de água para o sistema hídrico do Rio São Francisco em conjunto com a Bacia do Piranhas-Açu e Região Hidrográfica Jaguaribe Metropolitana, no Estado do Ceará. A gestão de recursos hídricos na região semiárida do Nordeste é afetada pela grande variabilidade do clima, especialmente na distribuição espacial e temporal das chuvas (FUNCEME, 2014).

A segunda abordagem usa séries históricas atuais para identificar as ameaças relacionadas aos eventos climáticos extremos e assim reduzir a vulnerabilidade dos sistemas. Esta abordagem independe de cenários de mudança climática, mas as séries históricas devem ser suficientemente longas para representar a magnitude e a frequência dos eventos extremos e poder melhor medir os impactos provocados (Wilby e Dessai, 2010).

A redução da ameaça geralmente implica na implantação de medidas estruturais (reservatórios, canais, etc.) cujas dimensões também são influenciadas pelos resultados da avaliação do problema.

A redução da vulnerabilidade pode ser feita pelo controle das possíveis ameaças externas e correção das fragilidades, incluindo equidade social, pobreza, segurança alimentar, saúde, educação, infraestrutura física e institucional, tecnologia e acesso a recursos naturais.

A redução da exposição pode ser conseguida por meio de mudanças no uso e ocupação do solo para afastar populações das zonas de inundações, redundância no abastecimento de populações que podem ser abastecidas por dois sistemas, entre outros exemplos.

O aumento da resiliência de um sistema está diretamente vinculado à eficiência com que se trata a gestão do risco. Quando o objetivo é apenas a redução da ameaça, ou seja, trabalhar com a menor falha possível, pode-se incorrer em duas situações distintas. A situação otimista ocorre, por exemplo, quando o sistema é planejado para trabalhar com uma garantia de 95%, compreende-se que a probabilidade de ocorrência da falha é pequena e não há preocupação de quando a falha irá ocorrer. A situação pessimista assume uma postura adversa perseguindo intensamente o controle da falha tornando-se a ação ineficiente, despendendo recursos financeiros e humanos em excesso (Porto e Porto, 2014).

A atitude mais apropriada é buscar reduzir, conjuntamente, todos os fatores que contribuem para elevar do risco, de modo harmônico e planejado. Isso implica no aumento de resiliência, que pode ser alcançado por três maneiras: a) planejamento, b) preparação e c) redundância (Porto e Porto, 2014).

Na fase de planejamento, decide-se a probabilidade de falha desejada, que deve ser devidamente analisado. Se há pouca exposição de populações podem ser admitidas falhas maiores, mas se a exposição é grande não se devem admitir riscos muito grandes. É usual recomendar, por exemplo, falhas inferiores a 5% para sistemas de abastecimento doméstico de água e períodos de retorno de 100 anos para sistemas de macro drenagem em áreas urbanas densamente ocupadas. No entanto, duas preocupações devem ser consideradas. Sérias hidrológicas tem se mostrado não estacionárias, ou seja, com médias e desvios padrão inconstantes, como consequência de processos de mudança climática. Outra questão é o custo elevado das obras quando se deseja reduzir muito o risco de falha. Desta forma, é razoável pensar que o planejamento deve conter certo grau de flexibilidade e permitir adaptação. Na prática isso pode ser feito planejando-se soluções que possam incluir os demais fatores de aumento de resiliência.

Um exemplo disso é a operação baseada nas curvas de aversão a risco dos reservatórios do Sistema Cantareira que recomendam a adoção de políticas de restrição de uso em função do armazenamento do 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 período reduz a intensidade da falha e aumenta a possibilidade do sistema se recuperar mais rapidamente a partir do instante da ocorrência das pequenas falhas. Se o planejamento estiver limitado a priorizar as ações e as obras com base em

critérios econômicos e de facilidade de implantação, no momento que as falhas ocorrem os sistemas estarão despreparados para dar respostas eficientes e eficazes.

A preparação visa planejar, com antecedência, as ações a serem tomadas durante a ocorrência das falhas. Uma parte importante deste processo são os sistemas de monitoramento, previsão e alerta, úteis para anteceder a necessidade da tomada de decisão e a aplicação das medidas que visem reduzir os danos. Entre estas medidas estão os planos de contingência que têm por finalidade organizar, com antecedência, as ações a serem tomadas para suplantar a crise com o menor impacto possível. Estes planos formam um conjunto completo que engloba desde a definição de níveis de alerta até o arranjo institucional necessário para a tomada de decisão, incluindo a forma e os responsáveis.

A redundância pode trazer grandes benefícios e ser muito eficiente na redução do estresse. Entretanto, não significa necessariamente duplicar os sistemas. São ações que, quando tomadas, buscam aumentar a segurança e reduzir as falhas. Redundância pode ser obtida, por exemplo, por meio de um armazenamento que regularize de uma vazão maior que a necessária para que o sistema trabalhe com folga, evitando que o mesmo fique constantemente estressado, muito próximo do risco de falha. Outro exemplo é a proposta de suplementação do Sistema Cantareira com as águas do rio Jaguari da bacia do rio Paraíba do Sul para minimizar o risco de abastecimento de parte da população da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) como visto no recente caso da seca que atinge o sistema. Atualmente o Sistema Cantareira tem capacidade para regularizar 36 m³/s durante aproximadamente 97% do tempo. Esta vazão é utilizada para abastecimento da RMSP e para atender às necessidades da bacia do rio Piracicaba. O sistema hoje trabalha no limite da sua capacidade. A suplementação de 5 m³/s da bacia vizinha para o sistema resulta numa vazão regularizada correspondente a 37,5 m³/s elevando a garantia para quase 100% do tempo. A segurança trazida pelo ganho na garantia no fornecimento da vazão regularizada é mais importante do que a quantidade de água adicional obtida. Neste caso, o aumento da resiliência é conseguido também pela maior rapidez em se recuperar o estado anterior da reservação pelo fato de se dispor de uma fonte suplementar de água.

6 Gestão de recursos hídricos em condição de incerteza

6.1 Conceito de probabilidade, frequência, vazão de referência, período de retorno e risco

Sistemas de recursos hídricos envolvem processos naturais que resultam em variáveis que variam no tempo e têm ocorrências incertas. Ou seja, é difícil prever com exatidão qual será o hidrograma numa seção particular de um rio ou o tempo exato que o mesmo chegará. Contudo, a ocorrência de eventos hidrológicos extremos pode ser descrito em termos de distribuições de probabilidade e a operação do sistema é dita ser probabilística.

Os eventos comuns ocorrem com maior regularidade do que os eventos extremos. A relação entre a frequência de ocorrência e a sua magnitude é feita por meio da frequência ou da distribuição de probabilidade de uma série de dados hidrológicos. Esta análise permite quantificar a magnitude de um evento extremo através da probabilidade de ocorrência.

Quando se dispõe de uma longa série de dados observados podem-se inferir as probabilidades por meio de uma curva de permanência ou duração dos dados que indica a frequência que uma vazão ocorre (é igualada ou superada) em um curso d'água. Se a série não é longa o bastante para dá uma indicação confiável da magnitude do evento pode-se ajustar uma distribuição teórica de probabilidade a uma amostra de dados observados que deve ser selecionada observando-se a homogeneidade, independência e extensão. Estas distribuições teóricas permitem extrapolar os trechos extremos da curva de frequência obtendo-se valores máximos e mínimos.

As vazões de referência e as vazões mínimas são bastante utilizadas pelos órgãos reguladores para a execução da gestão de recursos hídricos, em especial como critério para concessão de direito de uso de água, enquadramento dos cursos de água segundo suas classes de uso e licenciamento ambiental. Em geral cada estado brasileiro adota como critério, parcelas desses valores de vazão como máximo outorgável, sendo que a vazão remanescente desempenha o papel de vazão ambiental.

A vazão de referência é um dos pontos da parte baixa da curva de permanência ou um valor calculado por uma distribuição estatística de extremos. Como exemplo do primeiro caso, cita-se a Agência Nacional de Águas que adota como referência para concessão de outorgas a vazão igualada ou excedida em 95% do tempo (usualmente grafada como $Q_{95\%}$). Em outras palavras, em 5% do tempo o curso de água não terá disponibilidade de atender a todas as outorgas concedidas ao mesmo tempo.

Outro critério adotado como vazão de referência é a vazão mínima média de sete dias com 10 anos de período de retorno ($Q_{7,10}$). No Estado de São Paulo o critério adotado é 50% da $Q_{7,10}$ como sendo o limite máximo que pode ser outorgado em um curso de água para uso consuntivo.

O intervalo de tempo médio no qual um evento hidrológico extremo de uma dada magnitude será igualado ou excedido no mínimo uma vez a cada ano é chamado de período de retorno ou intervalo de recorrência (T). De acordo com Chow et al. (1988) o período de retorno é o inverso da probabilidade e vice versa, conforme a equação 1. A probabilidade de não ocorrência em um ano é seu complemento (equação 2) e em n anos essa probabilidade é dada pela equação 3. A probabilidade de ocorrência do evento hidrológico é conhecida no meio técnico como risco (R) e é dada pela equação 4.

$$T = \frac{1}{P} \quad 1$$

$$1 - P = 1 - \frac{1}{T} \quad 2$$

$$\left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad 3$$

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad 4$$

Este tipo de análise tem importantes implicações para o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos. Isso significa dizer que a tomada de decisão no gerenciamento dos recursos hídricos deve considerar as incertezas envolvidas. Às vezes as implicações da incerteza envolve risco, no sentido de potenciais efeitos indesejáveis significativos de desempenho do sistema de recursos hídricos (Patra, 2001).

Note-se que, quaisquer que sejam as vazões adotadas, sempre existem probabilidades de falhas. Os riscos associados a estas probabilidades dependem de fatores econômicos, ambientais e sociais e são de difícil quantificação. Os valores adotados no Brasil refletem políticas cautelosas dos órgãos gestores, que procuram prevenir a degradação dos recursos naturais. Em algumas regiões, entretanto, os critérios gerais implícitos nas vazões de referência podem não atender ao aproveitamento mais racional e sustentável dos recursos da bacia. Neste caso, medidas adicionais de gestão devem ser adotadas.

Outra categoria de incerteza ocorre quando há controvérsia ou ambiguidade no ato de comparar e pesar objetivos sociais, por exemplo, na seleção de um indicador para mensurar o risco, ou seja, transformar a medida do risco numa quantidade comparável. Ainda pode-se questionar qual o nível de risco é considerado aceitável. Segundo Simonovic (2009) este nível é dependente de atitude da sociedade para o risco.

Pode-se, portanto, definir risco como um significativo potencial efeito indesejável no desempenho de um sistema de recursos hídricos, ou a probabilidade prevista ou esperada, que um conjunto de circunstâncias indesejáveis irá ocorrer em um determinado período de tempo (Simonovic, 2009). Assim, o risco pode ser equiparado a uma probabilidade de falha ou uma carga excedendo uma resistência. A carga (c) é uma variável que reflete o comportamento do sistema em determinadas condições externas de estresse. A resistência (s) é uma variável que descreve a capacidade do sistema superar uma carga externa. A falha ocorre quando a carga excede a resistência ($c > s$).

Carga e resistência podem assumir diferentes significados dependendo do problema considerado. Por exemplo, na gestão de sistemas de recursos hídricos de água a demanda e a carga poluidora seriam a carga, enquanto que redes de abastecimento, capacidade dos reservatórios, capacidade de tratamento de esgoto e capacidade de autodepuração dos rios seriam a resistência. As falhas seriam escassez hídrica e poluição dos rios e reservatórios (Plate e Duckstein, 1988).

A característica multidimensional do risco faz com que sua estimativa seja influenciada pela ponderação que é dada para os seus vários componentes. Segundo Simonovic (2009) o risco pode ser representado pelo produto da probabilidade de sua ocorrência e o valor da consequência. Como o processo de tomada de decisão no gerenciamento e no planejamento de recursos hídricos

envolve riscos ambientais, econômicos e sociais, muitas variáveis são mensuradas numa escala subjetiva, enquanto outras variáveis são determinadas com dados históricos ou previstos. Diferentes grupos de usuários do sistema de recursos hídricos tendem a ter diferentes níveis de aceitação do risco por isso esses grupos devem participar do processo de avaliação do risco.

A metodologia empregada neste texto para mensurar o risco operacional na avaliação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos foi obtida de Kroeger e Simonovic (1997). O primeiro passo é a identificação dos riscos de todas as categorias (R_c). O segundo passo é a estimativa das probabilidades dos riscos de cada cenário ($p_{R_c i}$). Esta estimativa é subjetiva e deve ser feita por especialistas na área. O terceiro passo consiste em identificar os grupos de usuários (j) que devem manifestar suas preferências a respeito do risco de cada variável ($k_{R_c j}$) e o peso que eles representam dentro de cada categoria de risco ($d_{c j}$). No quarto passo é calculado o valor para o risco (R_c) para cada grupo de usuário (j), conforme a equação 5. A estimativa do risco de cada cenário é o produto entre o valor do risco e a probabilidade de cada cenário (equação 6). Os riscos estimados para os diferentes grupos de usuários poderão ser combinados para obter um valor agregado para cada critério a fim de obter uma melhor avaliação da gestão dos recursos hídricos.

$$V_{R_c j} = \frac{d_{c j} \cdot k_{R_c j}}{\sum d_{c j}} \quad 5$$

$$r_{i j} = \sum (p_{R_c i} \cdot V_{R_c j}) \quad 6$$

em que:

$V_{R_c j}$ é o valor do risco R_c para o grupo de usuários j

$d_{c j}$ é o peso de cada categoria de risco para o grupo de usuários j

$k_{R_c j}$ é o risco de cada variável definido pelo grupo de usuários j

$p_{R_c i}$ é a probabilidade do risco de cada cenário i

$r_{i j}$ é o risco estimado do cenário i para o grupo de usuários j .

6.2 Instrumentos de gestão de recursos hídricos sob influência de mudanças climáticas

Os instrumentos de gestão de recursos naturais são definidos na política de recursos hídricos. São eles: os Planos de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos d'água e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. Estes instrumentos já foram apresentados na introdução deste capítulo e tem como função integrar a implementação da gestão de uma bacia hidrográfica.

O entendimento das funcionalidades de cada um dos instrumentos permite implementar o processo de gestão em uma bacia hidrográfica, conferindo a ela uma estrutura organizada de gerenciamento. A implementação dos instrumentos de gestão na bacia auxilia no entendimento da situação em que a bacia se encontra, possibilitando uma avaliação de suas necessidades para as análises de cenários futuros, abstraídos de modelos de clima, com destaque especial à simulação de cenários mais vulneráveis.

A vulnerabilidade dos cenários está associada a critérios de análise que alteram as condições hidrológicas da bacia hidrográfica, principalmente as condições de extremos, periodicidade e intensidade de cheias e estiagens. Os efeitos de mudanças climáticas poderão agregar ainda mais incerteza na ocorrência desses fenômenos e, conseqüentemente, agravar a vulnerabilidade das bacias em algum momento.

A escala temporal utilizada nas ações voltadas ao gerenciamento e ao planejamento de recursos hídricos é de poucos anos, geralmente 25 a 30 anos. Enquanto que nos cenários de mudanças a escala temporal é de 50 ou mais anos. Há, portanto, uma defasagem temporal nos horizontes que dificulta a análise o processo decisório.

Conforme comentado no item anterior, os instrumentos de gestão de recursos hídricos devem ser resilientes, ou seja, devem ser capazes de suprir as necessidades de um sistema dinâmico para possibilitar aos gestores e aos tomadores de decisão maior flexibilidade na aplicabilidade dos instrumentos de gestão. Aumentar a resiliência dos sistemas de recursos hídricos praticamente resolve o problema da defasagem da escala temporal da gestão e dos efeitos das mudanças climáticas uma vez que as medidas empregadas para lidar com os impactos serão desenvolvidas antes que as ameaças relacionadas à mudanças climáticas aconteçam. Segundo UNEP (2012), 77% de um total de 133 países, incluindo o Brasil, consideraram prioritária a adoção de medidas de adaptação aos

efeitos das mudanças climáticas. Porém, pouco menos que a metade (45%) tenha algum programa de adaptação iniciado, avançado ou implantado.

A seguir serão apresentados os instrumentos de gestão, suas principais características e aplicações, mostrando que os mesmos estão sujeitos às incertezas causadas por mudanças climáticas, por isso estão associados a riscos e que este fato deve ser incorporado ao processo decisório.

6.2.1 Plano de Recursos Hídricos

O Plano de Recursos Hídricos, estabelecido pela Lei nº 9.433/1997, é um dos instrumentos que orienta a gestão das águas no Brasil. O plano propõe um conjunto de diretrizes, metas e programas voltados para a melhoria da oferta de água em quantidade e qualidade.

Segundo a Lei das Águas (Lei 9.433/1997) os Planos de Recursos Hídricos são planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos. A Lei ainda estabelece o seguinte conteúdo mínimo para os Planos:

- Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos;
- Análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo;
- Balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais;
- Metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;
- Medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas;
- Prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos;
- Diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- Propostas para a criação de áreas sujeitas à restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.

Um tema de abordagem relativamente complexa, que já vem sendo discutida pelos Estados para inclusão ao conteúdo mínimo dos seus Planos de Recursos

Hídricos, diz respeito ao efeito de mudanças climáticas na disponibilidade hídrica futura.

No entanto, destaca-se que a base de dados hoje disponível não é suficiente para análise de tendências do comportamento hídrico. Existe uma necessidade de construção de indicadores seguros para avaliar os efeitos de mudanças climáticas sobre a disponibilidade hídrica.

Destaca-se que a análise de tendência do comportamento hídrico futuro sob o efeito de mudanças climáticas é envolvido de grande incerteza, especialmente em função da falta de precisão espacial e temporal dos modelos de clima. É necessidade assim, a construção de indicadores seguros para avaliar os efeitos de mudanças climáticas sobre a disponibilidade hídrica.

O aumento da magnitude e da frequência de eventos extremos implica na necessidade de inclusão de aspectos até então não tratados pelos instrumentos de gestão de recursos hídricos. Por isso, é importante o aprofundamento metodológico sobre as mudanças climáticas e seus reflexos na disponibilidade hídrica, com objetivo de subsidiar diretrizes, propostas ou programas específicos de pesquisa para serem inseridos no plano de ação dos planos de bacia.

Os estados brasileiros que já instituíram suas Políticas de Mudanças Climáticas perceberam a necessidade de considerar os aspectos relacionados às mudanças climáticas na gestão de recursos hídricos através da definição de áreas de maior vulnerabilidade e de ações de prevenção, mitigação dos efeitos causados visando seu adequado gerenciamento. A Tabela 1 apresenta algumas das legislações estaduais sobre Mudanças Climáticas.

Tabela 1. Legislações estaduais sobre Mudanças Climáticas.

Estado	Categoria	Ementa	Incidência sobre clima/água
Espírito Santo	Lei nº 9.531, 6/09/2010	Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas	Art. 1, V: Implementar ações de prevenção e adaptação às alterações. Art. 4, XIII: Identificação das vulnerabilidades e formulação de planos e programas de adaptação em zonas costeiras, áreas metropolitanas, recursos hídricos e agricultura. Art. 5, II: Fundo Estadual de Recursos Hídricos e Mudanças Climáticas – FUNDÁGUA. Art. 17: Planos de disciplinamento do uso do solo devem considerar a questão climática. IV: regulação dos usos múltiplos e preservação dos recursos hídricos. V: planos de macrodrenagem e de bacias.
Rio de Janeiro	Lei nº 5.690 14/04/2010	Institui a Política Estadual sobre Mudança Global do Clima e Desenvolvimento Sustentável	Art. 1: Prevenir e mitigar os efeitos e adaptar o Estado às mudanças climáticas. Art.5, III: Prevenção de eventos climáticos extremos.
Pernambuco	Lei Nº 14.090, 17/06/2010	Institui a Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças do Clima	Art. 7: Criar instituto de pesquisa sobre clima e oceano. Art. 9, XV: gerar e disseminar informações sobre eventos climáticos extremos. Art. 10, II: adotar técnicas de convivência com a seca. Art. 12: definir, na política de recursos hídricos, a questão das mudanças climáticas, definindo áreas de maior vulnerabilidade e respectivas ações de prevenção, mitigação e adaptação.
São Paulo	Lei nº 13.798, 9/11/ 2009	Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas - PEMC	Artigo 17 - A Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, o Plano Estadual de Recursos Hídricos, os Planos de Bacias Hidrográficas, os Comitês de Bacia Hidrográfica, o Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos devem considerar as mudanças climáticas, a definição das áreas de maior vulnerabilidade e as ações de prevenção, mitigação e adaptação estabelecidas nesta lei.
	Decreto nº 55.947, 24/06/ 2010	Regulamenta a Lei nº 13.798, de 9 de novembro de 2009, que dispõe sobre a Política Estadual de Mudanças Climáticas	Artigo 68 - A Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, o Plano Estadual de Recursos Hídricos, os Planos de Bacias Hidrográficas, os Comitês de Bacia Hidrográfica, o Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos devem considerar as mudanças climáticas, a definição das áreas de maior vulnerabilidade e as ações de prevenção, mitigação e adaptação estabelecidas na Lei nº 13.798, de 9 de novembro de 2009. Parágrafo único - Caberá aos Comitês de Bacias Hidrográficas: 1. O acompanhamento dos indicadores sobre qualidade e quantidade dos recursos hídricos, incorporados em seus planos de bacias, visando seu adequado gerenciamento no âmbito da Política Estadual de Mudanças Climáticas; 2. O acompanhamento da elaboração das Avaliações Ambientais Estratégicas e do Zoneamento Ecológico-Econômico.

Estado	Categoria	Ementa	Incidência sobre clima/água
Pará	Decreto nº 1.900, 22/09/2009	Institui o Fórum Paranaense de Mudanças Climáticas	Art.2, VIII: Estimular a implantação de programas que garantam o monitoramento, avaliação e controle de projetos que visem a recuperação de áreas degradadas, redução do desmatamento, conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos.

O Plano de Recursos Hídricos como um instrumento de orientação deve definir diretrizes e políticas públicas voltadas para a melhoria da oferta de água, em quantidade e qualidade, ou seja, assegurar a melhoria das disponibilidades hídricas, a redução de conflitos pelo uso da água e a prevenção ou adequação à eventos hidrológicos extremos considerando em suas análises diferentes cenários. A análise de cenários é uma forma plausível de planejar a solução de determinados problemas quando existem muitas variáveis e condicionantes incertos que dificultam a estruturação do problema. Estabelecer os cenários mais prováveis simplifica e torna mais compreensível o problema tornando-o mais fácil de resolvê-lo.

Uma forma de lidar com os efeitos sobre os recursos hídricos é o desenvolvimento de planos específicos de adaptação dos sistemas. No caso da ocorrência de eventos naturais de grande intensidade devem-se desenvolver planos de emergência ou de contingência.

Segundo Veiga e Magrini (2013), a maneira que União Europeia encontrou para enfrentar este problema foi a regulamentar um conjunto de ações voltadas para a adaptação das políticas públicas que estavam em vigor, assim como as novas políticas. O primeiro desafio foi identificar e compreender os impactos, identificar as vulnerabilidades locais e a partir daí desenvolver e implementar estratégias para a adaptação. A estratégia escolhida foi definir uma estrutura baseada em quatro pilares principais:

- Construir de uma base sólida sobre os impactos e demais consequências das mudanças climáticas;
- Integrar a adaptação às políticas setoriais, reduzir, no longo prazo, a vulnerabilidade de setores como agricultura, florestas, biodiversidade, pesca, energia, transportes, água e saúde;
- Adotar uma combinação de instrumentos políticos, de gestão e de mercado para assegurar a eficácia da adaptação;
- Avançar os esforços de cooperação entre países que apresentam frequentes impactos das mudanças climáticas no sentido de aumentar a resiliência e a capacidade de adaptação.

A questão fundamental é como construir capacidade de adaptação num contexto de mudança climática. A European Communities (2009) propõe um conjunto de princípios orientadores que devem ajudar no desenvolvimento de planos de bacias hidrográficas visando a criação de uma estratégia para a construção de capacidade de adaptação sob mudança climática. Os planos deverão conter os cenários climáticos para a respectiva bacia. Para isso é essencial desenvolver a capacidade de identificar mudanças que acontecem através de monitoramento de variáveis hidrometeorológicas. Assim, será possível estabelecer uma escala provável de impactos causados às obras existentes e projetadas para que se possa entender as pressões e os riscos de falhas das estruturas sob condições climáticas futuras. A avaliação de risco será essencial para entender como a mudança climática irá aumentar ou reduzir o nível de risco, a fim de planejar de forma eficaz as medidas adequadas. Esta ação é particularmente importante para projetos de infraestrutura hídrica tais como sistemas de reservatórios, transferências de água e estações de tratamento de esgoto.

Algumas medidas de adaptação para condições extremas de enchentes e de escassez de água que poderiam ser adotadas nos Planos são apresentadas na Tabela 2. Os impactos em setores importantes da economia devem ser delineados nos planos.

Na agricultura deve-se reduzir a demanda de irrigação e melhorar a eficiência de uso da água, utilizando-se culturas mais resistentes à seca, em práticas de manejo de irrigação, em práticas de cultivo que minimizem a perda de umidade do solo, a redução de fertilizantes químicos e o uso de pesticidas.

Os serviços de abastecimento de água serão mais resilientes aos impactos das mudanças climáticas quando apresentarem flexibilidade operacional por meio de interligação de redes de distribuição de água, redução de perdas de água, um plano de economia de água para a população em situação de escassez e um plano contínuo de estudos e pesquisa para buscar novos mananciais.

Devem-se avaliar os impactos das mudanças climáticas sobre a geração de energia e a segurança das represas. Embora o planejamento da geração e distribuição de energia seja nacional, nas bacias onde existem UHE ou PCH terão a disponibilidade hídrica afetada pela regra operativa determinada pelo

setor elétrico, podendo afetar outros usos da água, comprometer a integridade estrutural das instalações, causar danos à população e degradação do meio ambiente.

É, portanto, necessário estabelecer regras operativas adaptáveis a fim de minimizar os impactos decorrentes de extremos provocados por mudanças climáticas. Os períodos de baixas vazões podem comprometer a navegação nas hidrovias podendo causar prejuízos econômicos ocasionados por problemas no escoamento da produção e causar transtornos importantes à população, tais como, dificuldades de deslocamento de pessoas, medicamentos, comércio, etc.

Rotas alternativas de escoamento de produção e de mobilidades devem ser planejadas para atender às necessidades de navegação em condições de níveis baixos de lâmina d'água em rios e reservatórios. Quando houver possibilidade pode-se requerer a elevação de armazenamento ou de nível d'água para atender as restrições de navegação. Sempre que possível deve-se prever a oportunidades de sinergias com outros usos a fim de obter o melhor aproveitamento possível da água. Por exemplo, iniciativas de criação de habitats de algumas espécies poderiam ser realizadas quando fossem solicitadas elevações de níveis de lâmina d'água ou de volume de reservatórios.

A necessidade de dragagem dos rios e reservatórios poderia ser reduzida por meio do planejamento da gestão de sedimentos que estabeleceria medidas de proteção das margens minimizando o aporte de sedimentos aos cursos d'água e mananciais. Muitas outras sinergias poderiam ser identificadas de acordo com as características de uso dos recursos hídricos da bacia e das vulnerabilidades às mudanças climáticas. De acordo com as particularidades de cada bacia, as possíveis soluções que poderiam ser adotadas requer também o planejamento integrado das atividades que, por sua vez, estão vinculadas aos instrumentos de gestão.

Em última análise, realizar o planejamento dos recursos hídricos sob condições das incertezas inerentes às mudanças climáticas pode exigir adaptações de critérios adotados para os instrumentos de gestão, bem como a articulação com instrumentos previstos em outras políticas setoriais como o saneamento básico, uso do solo, resíduos sólidos, irrigação e energia

Tabela 2. Medidas de adaptação a serem adotadas no planejamento de recursos hídricos sob condições climáticas extremas. Fonte: European Communities (2009).

Condição	Medidas de adaptação
Enchentes	Fortalecimento das estruturas de proteção existentes e construção de novas estruturas, tais como, diques, represas, barreiras contra maré, reforça da capacidade de comportas e vertedores. Adaptação de parâmetros de projeto aplicados às medidas de proteção à enchentes.
	Criação de espaços para aumentar a capacidade de armazenamento e de retenção natural. Construção de canais laterais artificiais, religação de velhos braços de rio e aumentando da capacidade de retenção de várzeas.
	Planejamento baseado em risco e construção de resiliência.
	Desenvolvimento de sistemas de previsão de chuvas e vazões, e de alerta com antecedência suficiente para prevenção de sinistros.
Escassez de água e secas	Modernização de sistemas de drenagem, incluindo alternativas para o aumento da infiltração da água no solo, a retenção da água e o uso de wetland.
	Manejo da demanda por meio da cobrança pelo uso inadequado, medidas para melhorar a conservação e o uso eficiente da água, e de campanhas de conscientização da população para o uso racional da água.
	Gestão da oferta, aumento do reuso e busca de fontes alternativas. Desenvolvimento de infraestrutura para captação de água da chuva e de águas cinzas. Uso adequado dos reservatórios de irrigação, combinando diferentes qualidades de água para diferentes usos.
	Planejamento da alocação da água como parte de um plano de manejo de seca buscando minimizar os impactos.
	Ordenamento do território, mudanças de uso do solo e desenvolvimento urbano.

Alguns aspectos devem ser observados para a seleção das medidas de adaptação previstas nos planos. European Communities (2009) sugere que sejam observadas algumas diretrizes. As medidas de adaptação às mudanças climáticas deverão:

- prever a adaptação em termos de redução de impactos, redução da exposição, aumento da capacidade de resiliência e aumento de oportunidades;
- ser robustas à incertezas, ou seja, eficazes em diferentes cenários climáticos e diferentes cenários socioeconômicos;
- apresentar flexibilidade, ou seja, permitir ajustes no caso de ocorrerem mudanças diferentes das que havia sido previstas até o

momento, possibilitando que sejam inseridos novos cenários de previsão de eventos hidrológicos extremos e contribuindo para o processo contínuo de adaptação.

As ações secundárias ou os efeitos colaterais deverão:

- contribuir para uma gestão mais sustentável da água e trazer benefícios em termos de, também, aliviar os problemas existentes;
- obter soluções do tipo ganha-ganha, por exemplo, equilibrar o balanço entre a demanda e a disponibilidade de água, não comprometer outros objetivos do plano de bacia e criar sinergias as medidas e assim satisfazer objetivos sociais, ambientais e econômicos;
- não afetar a capacidade de adaptação de outros setores de usuários, bem como gerar outras pressões ambientais.

A estrutura para a tomada de decisão deverá:

- ter equidade entre os usuários afetados na divisão das perdas dos ganhos obtidos com as medidas de adaptação;
- o responsável pela tomada de decisão sobre a medida de adaptação deve ter legitimidade para interagir com os usuários afetados, cuidando para que os procedimentos adotados sejam compreendidos e aceitos por eles,
- viabilizar as condições necessárias para a implantação das medidas de adaptação, identificar as barreiras técnicas, sociais (número de usuários, diversidade de valores e de interesse, níveis de resistência às medidas, etc.) e institucionais (conflitos entre normas e regulamentos, grau de cooperação, necessidade de alteração do arranjo administrativo corrente, etc.);
- estabelecer a prioridade e a urgência das medidas em função das vulnerabilidades dos múltiplos usos da água, sociais e ambientais;

- definir o regime de urgência para a implantação das medidas, buscando prever quando os impactos das mudanças climáticas poderão ocorrer e os prazos que as ações precisam ser realizadas.

As diretrizes apresentadas não devem transformar o Plano de Recursos Hídricos em um manual de instrução que não traz inovações científicas e técnicas, não abordam as peculiaridades das bacias em relação aos aspectos físicos e as inter-relações dos diferentes setores econômicos. Ao contrário, as ações deverão ser especificadas levando-se em conta aquelas diretrizes que melhor se adequam às características da bacia.

As medidas de adaptação têm por finalidade tornar mais resilientes os sistemas de recursos hídricos às incertezas relacionadas às mudanças climáticas de longo prazo. Entretanto, essas medidas envolvem custos relacionados à construção de infraestrutura, de aquisição de equipamentos e de capacitação e treinamento de pessoal. Deve-se, portanto, desenvolver um plano de financiamento dos investimentos necessários. Pode-se considerar a possibilidade de distribuir os custos entre os setores públicos e privados e os impactos negativos sobre outros objetivos. Veiga e Magrini (2013) sugerem a criação de um Fundo Estadual de Recursos Hídricos e de Mudanças Climáticas que teria por objetivo contribuir para implementação de ações na bacia. No plano de investimento financeiro devem ser considerados: a definição das áreas de maior vulnerabilidade, a magnitude e a abrangência dos impactos, as ações de prevenção, de mitigação e de adaptação.

As medidas de adaptação consolidadas no Plano de Recursos Hídricos devem ser vistas como compromissos a serem cumpridos no horizonte de tempo previsto. Portanto, os objetivos e as metas deverão ser pactuados com a comunidade tendo como fórum o Comitê de bacia. Para isso é essencial que se utilize de mecanismos de negociação que sejam capazes de identificar os conflitos, potenciais ou deflagrados, decorrentes dos efeitos de mudanças climáticas. Seria desejável que as entidades atuantes na bacia dispusessem de negociadores experientes, com capacidade para articular acordos entre os representantes das entidades.

Em geral, os conflitos deflagrados são mediados dentro da estrutura do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos, nas Câmaras Técnicas de

Planejamento, de acordo com o domínio federal ou estadual do rio. Um exemplo foi a criação do Grupo Técnico de Assessoramento para a Gestão do Sistema Cantareira (GTAG-Cantareira) criado para realizar uma operação diferenciada dos volumes armazenados no sistema durante o período crítico de vazões afluentes ocorrido no ano hidrológico 2013/2014.

O GTAG-Cantareira é composto por representantes da Agência Nacional de Águas (ANA), do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), do Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (Comitê PCJ), do Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (CBH-AT), da Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (SABESP) e da Companhia Ambiental do estado de São Paulo (CETESB) que avaliam a situação do volume armazenado nos reservatórios, os dados diários de precipitação, vazões afluentes e de qualidade da água, para decidir sobre as vazões mensais a serem descarregadas do sistema.

As principais decisões tomadas foram a prorrogação do prazo de renovação da outorga de direito de uso da água de agosto de 2014 para outubro de 2015 com a prerrogativa de incluir os dados hidrológicos até dezembro de 2014 na análise do pleito, a autorização dos volumes armazenados situados em níveis inferiores aos mínimos operacionais estabelecidos anteriormente (ANA, 2014).

O programa Produtor de Águas se enquadra nas ações que contribuem para a resiliência das bacias hidrográficas aos efeitos das mudanças climáticas, pois proporciona a melhoria da qualidade, a ampliação e a regularização da oferta da água em bacias hidrográficas de importância estratégica para o país (ANA, 2012a). O projeto apoia práticas de manejo que visem a conservação do solo e da água em terras de produtores rurais. As ações elegíveis são a construção de terraços, bacias de infiltração, readequação de estradas vicinais, recuperação e proteção de nascentes, reflorestamento das áreas de proteção permanentes e de reserva legal e de saneamento ambiental.

Os projetos devem alguns condicionantes estabelecidos pela ANA. Com a finalidade de quantificar os benefícios obtidos do programa é requerido um sistema de monitoramento de resultados. É estimulado o estabelecimento de

parcerias a fim de obter continuidade. Este quesito é particularmente importante no aspecto ambiental porque as áreas contínuas podem servir de abrigo de espécies endêmicas, permitir o fluxo gênico e contribuir para a preservação da diversidade biológica, além de aumentar a área de infiltração, recarga de aquífero e de escoamento superficial. O programa garante assistência técnica ao produtor rural e estimula a adoção de práticas sustentáveis de produção visando reduzir erosão, o assoreamento de mananciais e a contaminação da água e do solo com nutrientes e pesticidas agrícolas.

Experiências como a formação de grupos de gestão de conflito e programas que estimulam ações que melhoram a conservação quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos devem ser incorporadas aos Planos de Recursos Hídricos de forma sistemática e contínua, pois tornam os sistemas mais resilientes e capazes de se adaptar aos efeitos das mudanças climáticas. As sinergias entre a produção agrícola sustentável, a recomposição da cobertura vegetal e das Unidades de Conservação, e as ações planejadas para o setor de recursos hídricos proporcionam efeitos benéficos à integridade dos ecossistemas aquáticos e ao bem estar da sociedade. Essas práticas tornam-se mais importantes à medida que aumenta o grau de vulnerabilidade das bacias hidrográficas sujeitas a eventos hidrológicos críticos recorrentes agravados por mudanças climáticas.

Além dos aspectos acima, no caso brasileiro, é importante considerar a metodologia apoiada em uma relação de Conteúdo Mínimo. Nota-se que a metodologia acima pressupõe que o Plano será implantado exatamente como formulado, fato que muito raramente ocorre tendo em vista a natureza prospectiva do instrumento. O Conteúdo Mínimo exigido não contempla a existência de incertezas de ordem social, econômica, climática e outras. Não contempla sequer a necessidade de revisões sistemáticas e periódicas do plano, que poderiam, pelo menos em parte, atenuar as fraquezas do processo de planejamento. Estes aspectos contribuem, pelo menos parcialmente, para que grande parte dos Planos de Recursos Hídricos se transforme em peças retóricas, com pequena ou nenhuma influência nos processos decisórios e na efetiva gestão da bacia. Se a este quadro ainda for adicionada a necessidade

de considerar a influência das mudanças climáticas, o grau de complexidade do problema aumenta significativamente.

Embora a metodologia apoiada em conteúdos mínimos possa ser criticável, é importante levar em consideração que grande parte dos planos contratados no Brasil obedece a este conceito. Portanto, é razoável desenvolver esforços para aprimorar o processo atual e abaixo são feitas algumas sugestões neste sentido.

Todas estas sugestões visam considerar o dinamismo, as incertezas e a adaptabilidade do atual processo de planejamento.

- Sistema de informações: os planos devem se apoiar em sistemas de informações dinâmicos que devem ser atualizados ao longo de seu horizonte. Desta forma será mais fácil acompanhar o cumprimento de metas, comparar ocorrências, constatar alterações etc. Um Sistema de Informações bem formulado, atualizado e mantido tornará mais fácil e econômica a elaboração de revisões do plano em vigência e dos planos subsequentes.
- Sistemas de Suporte a Decisões: a elaboração de planos necessita contar com ferramentas analíticas capazes de quantificar relações de causa e efeito para orientar o processo decisório. Sistemas de Suporte a Decisões constituem ferramentas ideais para executar tais funções em razão de atributos de flexibilidade, facilidade de comunicação com usuários e decisores, dinamismo e outros.
- Revisões Periódicas: como já apontado sistema de planejamento deve prever a realização de revisões periódicas e sistemáticas.
- Planos de Contingência: por melhores que sejam os planos e por mais bem projetadas e eficientes que sejam as obras de infraestrutura, sempre existem “riscos remanescentes” que não podem ser eliminados mas podem ser mitigados ou gerenciados por medidas de contingência. Estas medidas serão muito mais eficazes se forem planejadas com antecedência.
- Cenarização: sugere-se também que os Planos de Recursos Hídricos utilizem técnicas de cenarização mais amplamente, não só porque

permitem uma visão mais ampla do comportamento futuro da bacia sob diversas condições, inclusive considerando variabilidades do clima.

6.2.2 Enquadramento dos corpos d'água

O Enquadramento dos corpos d'água é um instrumento de planejamento que permite relacionar os usos atribuídos ao corpo hídrico com a qualidade da água esperada para viabilizar este uso.

O enquadramento dos corpos d'água, segundo a Resolução CONAMA 357/2005, é definido pelo estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo de água ao longo do tempo para garantir aos usuários a qualidade necessária ao atendimento de seus usos.

Segundo a Resolução CONAMA 357/ 2005 o enquadramento dos corpos hídricos é definido pelos usos preponderantes, mais restritivos, atuais ou almejados. O enquadramento define a meta final que se pretende alcançar em termos de concentração de poluentes, onde poderão ser fixadas metas progressivas intermediárias visando a sua efetivação.

Uma vez definido o uso de um determinado corpo d'água a uma classe de enquadramento é definida com uma lista de parâmetros de qualidade, com seus respectivos limites a serem obedecidos. Neste ponto, a obediência aos limites de uma lista de parâmetros de qualidade, pode ser encarada como um dos desafios da viabilidade da aplicação do Instrumento. A Resolução CONAMA 357/2005 lista um número significativo de parâmetros de qualidade da água estabelecidos para cada classe de uso, no entanto, a avaliação de muitos parâmetros simultaneamente inviabiliza a elaboração de uma proposta de Enquadramento. A própria Resolução não direciona quais os parâmetros que devem ser considerados na análise, proposição das metas e ações para efetivação do enquadramento.

A Resolução CONAMA 430/2011, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, alterando parcialmente e complementando a Resolução CONAMA 357/2005.

Em seu capítulo II, a Resolução CONAMA 430/2011 estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes estabelecendo como disposições gerais:

Art. 5º Os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento.

§ 1º As metas obrigatórias para corpos receptores serão estabelecidas por parâmetros específicos.

§ 2º Para os parâmetros não incluídos nas metas obrigatórias e na ausência de metas intermediárias progressivas, os padrões de qualidade a serem obedecidos no corpo receptor são os que constam na classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado.

Observa-se que o artigo Art. 5º estabelece que os efluentes devem respeitar as metas estabelecidas pelo enquadramento, sendo estas intermediárias ou finais, também permite que sejam estabelecidas metas por parâmetro, o que permite uma flexibilidade para estruturação um plano de ação. No entanto, o parágrafo 2º estabelece que na ausência de metas intermediária progressivas, os padrões de qualidade a serem obedecidos no corpo receptor são os que constam na classe à qual o corpo receptor estiver enquadrado. Este parágrafo, do ponto de vista legal, poder ser visto como um entrave para o planejamento de uma bacia hidrográfica.

Os planos desenvolvidos hoje apresentam um escopo bastante denso com a necessidade de levantamento de uma quantidade de dados e informações. Estes dados permitem avaliar o diagnóstico da bacia e também alimentar os modelos de simulação e elaboração dos cenários de análise. Diante da dificuldade de obtenção das informações e estruturação das matrizes de carga poluidora da bacia alguns parâmetros são escolhidos para realização das simulações. Estes parâmetros são escolhidos buscando em um primeiro momento atacar os problemas de qualidade mais eminentes na bacia, como por exemplo, problemas sanitários onde a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é um bom indicador ou problemas de eutrofização em que o Fósforo pode ser um dos indicadores.

O plano de ação é definido a partir da simulação de alguns parâmetros de qualidade, mas segundo o parágrafo 2º do Art. 5º da Resolução CONAMA 430/2011 diz que na ausência de metas intermediária progressivas, os padrões

de qualidade a serem obedecidos no corpo receptor são os que constam na classe à qual o corpo receptor estiver enquadrado. Assim, surge um ponto de conflito, pois se o plano de ação é definido em um primeiro momento com um grupo de parâmetros este rigor se torna incoerente.

O parágrafo 2º do Art. 5º busca transferir para o enquadramento o problema da falta de um padrão de emissão por tipologia de uso para todos os parâmetros,

Quando não são definidas metas intermediárias progressivas, deve-se avaliar o padrão de emissão, pois não se admite que mesmo que o parâmetro não seja incluído no plano de enquadramento este fique isento de Licenciamento.

Isto evidencia a existência de uma desvinculação entre os instrumentos de comando e controle, licenciamento ambiental e as metas de planejamento.

Acompanhando os esforços para a aplicação e efetivação do instrumento observa-se que ainda existem dificuldades na interpretação do principal objetivo do Enquadramento que é o planejamento de uma bacia hidrográfica. O enquadramento não deve ser entendido como um instrumento de comando e controle, prática muito comum e equivocada.

Caso se mantenha uma visão de comando e controle sobre o instrumento de enquadramento o mesmo pode se tornar restritivo, pois o rio só estará respeitando a classe quando todos os parâmetros elencados na Resolução CONAMA 357/2005 estiverem de acordo com os limites máximos estabelecidos durante 100% do tempo. A interpretação errônea desta resolução pode tornar a aplicação do instrumento de tamanha complexidade a ponto de inviabilizar os estudos.

Outra questão de grande relevância é o processo de integrar o planejamento de uso e ocupação do solo, pois o Enquadramento está baseado nos usos existentes na bacia, desta forma, existe uma proximidade entre o disciplinamento do uso e ocupação com o instrumento. Hoje a atribuição de disciplinamento do uso e ocupação do solo cabe aos municípios, desta forma, a participação destes é essencial para o processo de gestão. A Resolução CONAMA 91/2008, dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. O Art. 7º da Resolução estabelece a necessidade de um compromisso com as propostas a serem

apresentadas aos poderes públicos federal, estadual e municipal para adequação dos respectivos planos, programas e projetos de desenvolvimento e dos planos de uso e ocupação do solo às metas estabelecidas na proposta de enquadramento.

Art. 7º O programa para efetivação do enquadramento, como expressão de objetivos e metas articulados ao correspondente plano de bacia hidrográfica, quando existente, deve conter propostas de ações de gestão e seus prazos de execução, os planos de investimentos e os instrumentos de compromisso que compreendam, entre outros:

I - recomendações para os órgãos gestores de recursos hídricos e de meio ambiente que possam subsidiar a implementação, integração ou adequação de seus respectivos instrumentos de gestão, de acordo com as metas estabelecidas, especialmente a outorga de direito de uso de recursos hídricos e o licenciamento ambiental;

II - recomendações de ações educativas, preventivas e corretivas, de mobilização social e de gestão, identificando-se os custos e as principais fontes de financiamento;

III - recomendações aos agentes públicos e privados envolvidos, para viabilizar o alcance das metas e os mecanismos de formalização, indicando as atribuições e compromissos a serem assumidos;

IV - propostas a serem apresentadas aos poderes públicos federal, estadual e municipal para adequação dos respectivos planos, programas e projetos de desenvolvimento e dos planos de uso e ocupação do solo às metas estabelecidas na proposta de enquadramento; e

V - subsídios técnicos e recomendações para a atuação dos comitês de bacia hidrográfica.

Torna-se importante ressaltar alguns pontos da Resolução CONAMA 91/2008 que devido ao seu caráter genérico pode dificultar a efetivação do enquadramento caso não sejam bem interpretados. O Art. 7º, que trata do programa para efetivação do enquadramento, estabelece que o programa deve ser compatível com os objetivos e metas definidas no plano de bacia hidrográfica, quando existente, assim como deve conter propostas de ações de gestão e seus prazos de execução, os planos de investimentos.

Assim, observa-se que para atingir as metas estabelecidas pelo plano de bacia um pacto deve ser estabelecido entre os agentes, decisores e usuários da bacia, pois se os estudos e ações definidas para a bacia são fundamentados em um conjunto de parâmetros não se torna coerente estabelecer metas finais de enquadramento para os parâmetros que não foram analisados no estudo como indicado pela Resolução CONAMA 430/2011.

As discussões apresentadas acima sobre as Resoluções CONAMA 91, 357 e 430 mostram que os esforços realizados no desenvolvimento dos planos através dos cenários de planejamento podem sofrer críticas e questionamentos devido à forma de interpretação destas resoluções. Desta forma, o instrumento do enquadramento necessita uma abordagem mais prática para sua efetivação, o que poderia tornar o processo menos complexo, através de mecanismos que flexibilizem a toma de decisão, assim como o acompanhamento das metas estabelecidas no plano de bacia.

Desta forma, a elaboração de uma proposta de enquadramento e o estabelecimento das metas progressivas, necessárias para efetivação da meta final, está diretamente associada aos usos da água, atuais e futuros, como também ao cenário de vazão de referência adotado para as simulações de qualidade da água. Ao considerar a influência das mudanças climáticas surge uma incerteza quanto ao cenário futuro de vazões de devem ser avaliados nos cenários.

As incertezas presentes em qualquer sistema de gestão ou de tomada de decisão geram um desconforto para a indicação de um cenário. Diante deste tipo de situação a possibilidade de adoção de metodologias que flexibilizem alguns parâmetros ou variáveis são indicados como parte da solução. Assim, a complexidade inerente ao instrumento de enquadramento deve ser considerada como parte do processo decisório, permitindo que as ações propostas no plano de bacia, mesmo com horizontes de planejamento amplos, possam ser revistas ou reavaliadas a cada novo plano de bacia, onde será avaliado o desempenho das ações propostas (plano de ação) assim como o plano de investimentos.

Visando uma maior adaptabilidade as possíveis alterações causadas pelas mudanças climáticas, onde um dos pontos críticos e o seu impacto sobre a disponibilidade hídrica, a continuidade da adoções de uma vazão de referência única como base para a elaboração do plano e proposta de enquadramento gera uma restrição para o processo de gestão, as medidas podem ser baseadas em vazões de referência extremamente restritivas o que onera o custo das medidas, assim como a adoção de uma vazão de referência única como base para a tomada de decisão, a qual não permite ajustar os valores para um cenário futuro, o qual pode considerar incertezas. Brites (2010)

apresentou um modelo com novos critérios de análise direcionados para o processo de gestão, sendo eles a probabilidade de ocorrência da qualidade da água, o qual admite o risco de não atendimento à classe de enquadramento, e o custo das medidas de despoluição necessárias para aumentar o atendimento ao enquadramento proposto. Este tipo de metodologia introduz ao processo de análise uma maior flexibilidade, pois ao considerar o risco de não atendimento este não deve ser relacionado apenas com progressão do plano de metas, mas pode considerar também alterações do cenário climático, o qual altera a disponibilidade hídrica da bacia.

Segundo Brites (2010) a análise da probabilidade de ocorrência da qualidade da água para o processo de gestão partiu da ideia de associar as concentrações dos parâmetros de qualidade da água com as frequências de vazão. O método proposto reforça a integração dos aspectos de quantidade e qualidade da água, fundamental para o sistema de gestão de recursos hídricos. Desta forma, é possível estabelecer estratégias de enquadramento para as classes associadas ao risco de não atendimento dos requisitos da classe de enquadramento.

A probabilidade de ocorrência da qualidade da água representa uma quebra de paradigma no processo de gestão de recursos hídricos no país, pois substitui a adoção de um valor único para a vazão de referência e considera o risco do não atendimento do padrão de qualidade da água estabelecido para o enquadramento. Este fato representa um avanço para o processo de gestão e também credencia a metodologia para a sua utilização em condição de incertezas, como é o caso dos cenários gerados pelos modelos que avaliam o efeito das mudanças climáticas sobre a disponibilidade hídrica.

A adoção de um valor único para a vazão de referência restringe a análise do enquadramento sobre vazões semelhantes ao valor adotado. O critério da probabilidade de ocorrência da qualidade da água traz incluso a utilização de um conjunto de vazões de referência, desta forma, as atividades desenvolvidas no âmbito da bacia hidrográfica podem ser representadas de modo mais realista quanto aos impactos sobre a qualidade da água.

Segundo Brites (2010), a hipótese do não atendimento à classe do enquadramento tem na própria Resolução CONAMA 357/2005 seu embasamento legal, a qual considera o risco do não atendimento da classe

associado à ocorrência da vazão de referência. Assim, como essa Resolução assume que a qualidade da água pode estar em desacordo com a meta pretendida no momento da elaboração da proposta do enquadramento, deve-se estabelecer metas intermediárias para efetivação do enquadramento.

A utilização deste conceito apresenta vantagens para a gestão da qualidade da água, sendo útil para os instrumentos de controle da poluição através da verificação da frequência e a amplitude do risco de violação em função do acréscimo de carga poluente lançada no corpo hídrico.

Esta forma de cálculo da probabilidade de ocorrência da qualidade da água permite flexibilização na análise do enquadramento de corpos hídricos e, ao mesmo tempo, representa o papel integrador entre o processo de gestão ambiental e de recursos hídricos fornecendo diretrizes para o processo de planejamento, fiscalização e monitoramento dos órgãos licenciadores e formulação de critérios de penalidades.

Este item apresentou uma crítica ao Instrumento de Gestão de Recursos Hídricos Enquadramento dos Corpos d'Água, analisando aspectos legais e práticos para sua implementação e efetivação.

Foi possível identificar no texto que o Enquadramento é um instrumento com graves problemas de interpretação, seja por parte do meio técnico, do poder público, dos legisladores, dos usuários e da sociedade como um todo. O conceito principal do instrumento é bastante simples quando diz que a qualidade da água de um determinado corpo d'água deve ser compatível com o uso pretendido. Contudo, na prática a implementação do programa de efetivação do enquadramento torna-se bastante complexo devido à interpretação das diversas resoluções que tratam do assunto, assim como, a dificuldade em trabalhar com o risco hidrológico, as incertezas envolvidas e a interpretação e utilização errônea de um instrumento de planejamento como um instrumento de comando e controle. A seguir serão apresentados os principais pontos que dificultam o processo de Enquadramento de um Corpo d'Água.

- Adoção de vazão de referência: estas vazões buscam extrair da bacia um cenário hidrológico associado a um risco de ocorrência extraído dos dados observados na bacia hidrográfica. Desta forma, os cenários buscam propor as metas obedecendo a essa disponibilidade hídrica. Este texto defende a

necessidade de considerar o risco do não atendimento do padrão de qualidade da água estabelecido para o enquadramento, onde o controle das metas pode ser realizado através da verificação da frequência e a amplitude do risco de violação em função do acréscimo de carga poluente lançada no corpo hídrico.

- Outra questão relevante é a base legal e a simplificação das regras para a efetivação do enquadramento. O texto fez um breve relato das Resoluções CONAMA 91, 357 e 430, mostrando diversos pontos de vista e interpretações que podem tornar o instrumento de Enquadramento complexo quanto à definição dos parâmetros utilizados para estudo dos cenários. O que se defende neste texto é uma forma de conduzir o enquadramento de uma forma mais flexível, o que lhe confere uma maior capacidade de adaptação aos riscos e conseqüentemente as alterações provocadas pelas mudanças climáticas. Esta flexibilidade pode ser pactuada na bacia durante a elaboração do Plano de Bacia Hidrográfica através da definição dos parâmetros de qualidade que melhor representam os principais problemas de poluição da bacia que devem ser priorizados. Desta forma, o pacto permite a definição das metas intermediárias e do plano de ação e de investimento com base nesses cenários definidos no plano e os mesmo podem ser revistos nos planos futuros.
- Tendo em vista o pacto comentado acima, o enquadramento não deve ser interpretado como comando e controle, pois o planejamento busca alcançar objetivos definidos no planejamento e não com controle do licenciamento uma questão que pode ser conflitante com a Resolução CONAMA 430/2011, que para os parâmetros não simulados para definição das metas intermediárias define a meta final.

6.2.3 Outorga de uso d'água

A outorga de direitos de uso da água tem como função a regulamentação que estabelece o controle das demandas, lançamentos e da disponibilidade hídrica, tanto em aspectos quantitativos quanto qualitativos, em uma bacia

hidrográfica, bem como assegurar o direito de acesso à água em seus múltiplos usos.

A metodologia utilizada atualmente no processo de outorga, aplicada na maioria dos estados brasileiros, é a técnica de balanço hídrico. Neste processo a vazão outorgável é igual à vazão de referência ou uma fração deste valor subtraído dos valores já outorgados a montante. Também é avaliado se o novo valor outorgado não prejudicará as outorgas já concedidas a jusante.

A solução de problemas complexos em recursos hídricos, como é o caso da outorga do direito de uso da água, necessita de análises mais amplas, as quais já não envolvem apenas problemas de balanço hídricos simples ou equações matemáticas de transporte de poluentes, mas sim atividades de gestão. Nestas atividades os gestores necessitam utilizar as informações disponíveis, sejam estas obtidas por cadastros, dados observados ou através de simulações para estudar as melhores alternativas, através da inserção de conceitos de risco de não atendimento e probabilidade de atendimento a um determinado uso. A flexibilização conferida ao processo decisório, através da utilização do conceito de probabilidade de atendimento a uma determinada demanda permite atribuir ao processo decisório o risco de não atender a um determinado uso. Este grau de liberdade deve ser estudado visando sempre o uso racional e sustentável do recurso hídrico aliado a este o desenvolvimento econômico da bacia hidrográfica.

As análises de outorga de direito de usos de água têm início na avaliação da disponibilidade hídrica do local onde se pretende implementar o empreendimento e seus impactos sobre outros empreendimentos a jusante. A disponibilidade hídrica deve ser avaliada tanto em termos de quantidade quanto em qualidade da água, pois é este conjunto que define a situação de escassez do recurso.

O entendimento da disponibilidade hídrica e da sustentabilidade ambiental depende de fatores como a precipitação, evapotranspiração potencial, condições do solo, uso do solo e geologia subterrânea, tendo na bacia hidrográfica a melhor unidade de avaliação do comportamento hídrico. Os impactos das mudanças climáticas apontam para o aumento da frequência e da magnitude de eventos hidrológicos extremos, as vazões máximas e mínimas dos rios. Assim, da mesma forma que poderão ser observados com

maior frequência das enchentes, os períodos de escassez podem ser também mais severos e prolongados, podendo alterar a garantia hídrica futura caso está não seja considerada na análise.

O desenvolvimento de um sistema de gestão que estabeleça diretrizes para o planejamento e disciplinamento dos usos é fundamental para efetivação da gestão de recursos hídricos, tanto no que diz respeito aos critérios a serem aplicados para determinação da disponibilidade hídrica, quanto às análises de quantidade e qualidade da água ao longo dos cursos d'água. O entendimento do balanço hídrico é um dos fundamentos importantes para conhecer os efeitos antrópicos sobre o meio natural.

A outorga de direito de uso da água deve ser vista como um instrumento de gestão que visa orientar o uso com base no desenvolvimento sustentável, preservando as condições de vida do meio ambiente, bem como as necessidades dos usuários e, conseqüentemente, o desenvolvimento econômico sustentável da região.

O desenvolvimento econômico é outro aspecto que requer devida atenção, uma vez que resulta no aumento das demandas de água. Em bacias hidrográficas localizadas em regiões com baixa disponibilidade hídrica provocada por condições climáticas naturalmente adversas ou por problemas de poluição, o desenvolvimento econômico poderá agravar ainda mais a condição de criticidade.

Uma bacia é considerada crítica através da análise de suas variáveis ambientais e hidrológicas, as quais apresentam limites para o uso da água de seu corpo hídrico. Estas variáveis podem restringir o desenvolvimento econômico de uma bacia ou região, pois estabelecem os limites para a concessão de outorgas.

A determinação dos valores e limites para as variáveis hidrológicas e ambientais pode ser considerada como uma das principais dificuldades técnicas nas análises da outorga de recursos hídricos. Estas variáveis representam a base deste instrumento de gestão, pois estipulam os limites de uso dos recursos hídricos.

As variáveis hidrológicas restritivas, por exemplo, a $Q_{7,10}$ (vazão mínima média de sete dias com período de retorno de dez anos) podem limitar o desenvolvimento socioeconômico de uma região, mas por outro lado impedem

o uso extremo do recurso que pode causar o colapso do sistema em épocas de escassez hídrica. Algumas variáveis hidrológicas, como a vazão de referência, são consideradas por muitos técnicos como parâmetros consolidados e rejeitam alterações. No entanto, em muitos casos esses valores necessitam revisão.

Diante de cenários que apresentam maior criticidade surge a necessidade de flexibilizar alguns parâmetros adotados no processo de outorga. Esta flexibilização pode de certa forma reduzir a confiabilidade depositada sobre o processo de gestão, pois pode acarretar em redução das garantias de atendimento aos usos na bacia, que afeta de forma direta a segurança hídrica desses usuários de água. Com a adoção de cenários que apresentam um risco hidrológico maior, outras ferramentas complementares ao processo de outorga podem ser criadas visando o aumento de confiabilidade.

Entre as ferramentas possíveis de serem implementadas estão os planos de contingência que buscam definir regras específicas para os períodos de crise. Neste contexto, o instrumento de outorga de uso da água ganha destaque ao propiciar o disciplinamento do uso com base nas exigências ambientais e no desenvolvimento sustentável.

As incertezas hidrológicas que naturalmente existem e as que poderão ser provocadas pelas mudanças climáticas exigem mecanismos de gestão baseada na avaliação de risco. A gestão de risco exige flexibilidade e capacidade de adaptação dos sistemas jurídico-institucionais. A ocorrência de eventos extremos críticos jamais observados pode provocar situações em que as estimativas de vazões outorgáveis serão maiores do que as vazões observadas. Quando esta situação perdurar por mais de um período hidrológico completo pode indicar falha nas concessões das outorgas emitidas, revelando uma fragilidade do critério adotado. Esta situação pode ser confundida como falha do sistema de outorga de uso da água, fazendo com que os usuários desacreditem no processo de gestão.

A Lei 9.433/97 (Art. 15) prever o cancelamento temporário ou definitivo da outorga em alguns casos, entre eles, a necessidade premente de água para atender a situações de calamidades, inclusive as decorrentes de condições climáticas adversas. Entretanto, a lei não estabelece qual critério ou ação

deverá ser utilizado para lidar com este problema. Neste caso, é desejável que se disponha de mecanismos legalmente flexíveis e ágeis de solução.

A medida imediata a ser tomada neste caso é instituir uma comissão para elaborar um plano de alocação negociada de água, mobilizar e articular os usuários para o processo de discussão e reavaliar os critérios, as normas e os procedimentos a serem adotados. A comissão deve ser formada pelos usuários afetados, representantes do Comitê da bacia, ou dos Comitês caso haja mais de um envolvido, dos órgãos gestores estadual e federal, e de outras entidades.

Na bacia do Rio Piranhas-Açu o grande volume de solicitação de outorgas supera a disponibilidade hídrica em diversos trechos. Embora não tenha sido provocada por mudanças climáticas, esta situação é muito comum em bacias críticas sujeitas ao estresse hídrico e que pode tornar-se ainda mais grave pelo efeito das mudanças climáticas. A ANA propôs uma articulação institucional com a participação de todos os representantes institucionais e também de outras instituições que atuam na bacia para estabelecer um plano de regulação e ordenamento dos usos dos recursos hídricos da bacia. Foi realizada uma negociação entre os usuários dos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte para que estes ajustassem suas demandas em patamares aceitáveis (ANA, 2004).

As ações realizadas foram: atualização do cadastro de usuários para classificação dos usos setoriais (quantidade e qualidade da água), levantamento das condições da oferta de água no sistema, balanço hídrico e projeção de cenários futuros, regularização dos usos (revisão de outorgas, convocação, emissão e concessão de outorgas), definição e instalação do sistema integrado de monitoramento quantitativo e qualitativo, definição e implementação de sistema integrado de fiscalização e definição do modelo de suporte de decisão e de estratégia de alocação anual de água negociada. Foi definida a oferta hídrica da bacia com valores de garantias diferenciadas por trecho. A definição desses números convencionou-se chamar de Marco Regulatório, o qual servirá de referência única para a análise e emissão das outorgas de direito de uso de recursos hídricos na bacia (ANA, 2004).

Além das incertezas hidrológicas existem também incertezas associadas à estimativa das demandas futuras que dependem do comportamento dos usuários em relação à necessidade de consumo de água. Essas incertezas podem ser agravadas por potenciais mudanças climáticas e devem ser incorporadas no processo de outorga. Deve-se, portanto, analisar a outorga com base numa avaliação de risco considerando as possibilidades de alteração do regime hidrológico e as preferências dos grupos de usuários da água. Assim, pode-se responder quando implantar um regime de racionamento ou quando passar a abastecer os usos prioritários definindo um nível de risco admissível para o cenário preferido. No anexo deste capítulo é apresentada uma aplicação demonstrado como esse processo poderá ser realizado.

Para ratificar o acordo fruto da alocação negociada da água é fundamental que o resultado seja consubstanciado em um documento oficial (resolução, portaria, marco regulatório, termo de compromisso, norma, pacto, etc.). Esse documento deve estabelecer o prazo de validade e as penalidades em caso de descumprimento dos valores outorgados.

Recomenda-se que o prazo de validade seja no máximo de 10 anos, tempo suficiente para verificar a estacionariedade de vazões e a adaptação dos usuários à nova realidade. Revisões poderão ser realizadas a cada ano ou a cada dois anos. Violações acordadas no termo de outorga podem ser coagidas com penalidades. A Lei Federal n. 9.433/97 (Art. 49 Inciso VII e Art. 50) determina que infringir normas estabelecidas no regulamento da Lei e nos regulamentos administrativos, compreendendo instruções e procedimentos fixados pelos órgãos ou entidades competentes constitui infração de utilização do recurso hídrico e ficará sujeito às penalidades (advertência, multa, embargo provisório ou definitivo).

A eficácia do processo de outorga, como instrumento de regulação do uso dos recursos hídricos e como medida de adaptação aos possíveis efeitos das mudanças climáticas, depende do sistema de monitoramento hidrometeorológico e da sistemática de fiscalização. Esta tarefa é um grande desafio para os órgãos gestores em termos da grande quantidade de outorgas existentes. É preciso investir na aquisição de equipamentos e de treinamento e capacitação técnica para formação de equipes de campo, em número suficiente e com custos razoáveis. Embora a outorga contemple aspectos de

quantidade e de qualidade da água, sua aplicação envolve, em sua maioria, a quantidade de água uma vez que o tratamento da qualidade da água é mais complexo e requer a existência de um grande número de informações. Este fato torna a aplicação da outorga de efluente mais difícil e cara. Perspectivas de aumento da frequência e magnitude das vazões mínimas provocadas por efeito de mudanças climáticas poderão afetar drasticamente outorgas de lançamento de efluentes nos rios e reservatórios.

A legislação brasileira que rege a política de gerenciamento de recursos hídricos recomenda a adoção de critérios puramente hidrológicos, de onde decorre o conceito de vazão outorgável. As vazões outorgáveis utilizadas pela grande maioria dos órgãos gestores brasileiros baseiam-se em frações da vazão $Q_{7,10}$ e $Q_{P\%}$. Essas vazões acabam sendo muito pequena em relação à disponibilidade hídrica da bacia, correspondendo de forma geral a probabilidades de ocorrência irrealistas. A componente de incerteza associada à perspectiva de mudança climática pode tornar ainda mais irrealista o critério hidrológico para determinar a vazão outorgável na bacia. O simples registro da outorga não reflete exatamente o uso efetivo da água. É necessário dispor de um sistema eficaz de monitoramento, cadastro e fiscalização.

O atual critério adotado para a outorga não considera aspectos econômicos, ambientais e sociais envolvidos no contexto do uso da água na bacia. No que se refere aos aspectos econômicos, constata-se que restrições irrealistas poderão sufocar o desenvolvimento econômico fazendo com que atividades importantes sejam prejudicadas ou não se realizem.

Probabilidades de excedência muito pequenas significam que durante parte expressiva do tempo existe água suficiente na bacia para sustentar usos muito maiores do que aqueles que obedeçam estritamente aos critérios de outorga adotados. Naquelas bacias em que a soma das vazões outorgadas aproxima-se da vazão outorgável pode-se criar um paradoxo. Por um lado, existe água suficiente para todos os usos durante a maior parte do tempo. Por outro lado, os órgãos gestores tendem a negar a concessão de novas outorgas procurando evitar uma situação crítica baseada num critério que pode ser completamente falso. Este fato poderá provocar a paralisia administrativa do sistema o que seria extremamente grave ao processo de gestão. As incertezas provocadas por mudanças climáticas poderão afetar ainda mais este problema

comprometendo o desenvolvimento econômico e o processo de gestão na bacia.

A adoção de critérios de outorga muito restritivos tende a empurrar o usuário à clandestinidade, ou seja, ele passará a captar a água da qual necessita sem autorização, incentivado por dois fatores: a) o conhecimento intuitivo de que existe água suficiente para atender às suas necessidades e b) a inexistência de fiscalização e, portanto, a possibilidade desprezível de eventual punição. Usuários clandestinos não deverão existir no sistema, pois causam distúrbios ao sistema de gerenciamento dos recursos hídricos.

Fica claro que a análise da outorga deverá envolver uma avaliação de risco. A princípio, quanto maior a quantidade de água que se deseja utilizar na bacia maior será o risco de não se poder contar com a quantidade e garantia desejados. Quanto menor for a vazão outorgável maior será o risco de que este patamar mínimo seja atingido à medida que bacia se desenvolve. Esta situação impõe que se deve atuar nas duas dimensões do problema, ou seja, na disponibilidade hídrica e na demanda. A adoção de critérios que não levam estas dimensões em conta acaba sendo irrealista e ineficaz. Quanto mais água se desejar utilizar em uma bacia e quanto menor for a vazão outorgável, maior deverá ser o esforço para gerenciar os riscos inevitavelmente crescentes.

A ocorrência de períodos de estiagens ocasionais ou frequentes, provocados ou não por mudança climática, poderá trazer um problema administrativo ou legal. Qual o ato administrativo ou legal que deverá ser adotado nestas situações? Seria o caso de adotar uma suspensão temporária, ou caso de alterar definitivamente o critério?

Percebe-se que a discussão sobre a outorga necessita de uma abordagem mais abrangente da questão, especialmente no contexto da perspectiva de mudança climática. Em bacias críticas em que o uso da água é intensivo e já atingiu patamares muito próximos da vazão outorgável, essa questão é extremamente relevante. Neste caso devem ser adotadas medidas mais elaboradas e rigorosas. O primeiro passo é a definição de critérios técnicos para declarar a bacia como crítica.

ANA (2012b) adota o balanço quali-quantitativo como o principal parâmetro para identificar a criticidade dos corpos hídricos. Inicialmente são

detectadas bacias com baixa disponibilidade hídrica, especialmente nas áreas de cabeceiras, e aquelas que apresentam conflitos potenciais com alta demanda para irrigação, usina hidrelétrica em operação e captação para abastecimento urbano em situação vulnerável. Esses critérios são adotados para identificar as possíveis bacias de rios estaduais e federais críticas. O indicador utilizado na análise quantitativa representa a relação entre a demanda consuntiva (vazão de retirada) e a disponibilidade hídrica dos rios. O indicador de criticidade qualitativa utilizado foi a capacidade de assimilação dos rios obtida a partir da razão entre os valores de carga de esgoto doméstico lançado e as cargas assimiláveis calculadas para a vazão disponível. A classificação de criticidade segundo o balanço hídrico quali-quantitativo é apresentada na Tabela 3.

De acordo com ANA (2012b), foram identificados 16.427 km de rios federais considerados críticos. Em média, 21% das outorgas foram emitidas em trechos críticos de rios até o ano 2012, existindo casos em que esse percentual alcança índices muito elevados, como nas bacias dos rios Uruguai (53%), Atlântico Nordeste Oriental (49%) e Atlântico Sul (100%).

Tabela 3. Classes de criticidade de rios segundo o balanço quali-quantitativo. Fonte: ANA (2012b)

Classes de criticidade		Fatores de criticidade identificados
Classe	Descrição	
1	Balanço quali ou quali-quantitativo crítico	Balanço quali ou quali-quantitativo crítico + alta demanda para irrigação
2		Balanço quali ou quali-quantitativo crítico
3	Balanço quantitativo crítico	Balanço quantitativo crítico + alta demanda para irrigação
4		Balanço quantitativo crítico
5	Conflito potencial	Conflito potencial: alta demanda para irrigação conjugada com outros fatores (cabeceira e/ou presença de UHEs e/ou captações vulneráveis para abastecimento)
6		Conflito potencial: cabeceira e/ou presença de UHEs e/ou captações vulneráveis para abastecimento

Em situações críticas deve-se pensar nos procedimentos e ações de gestão que deverão ser adotados a fim de contornar o problema do ponto de vista legal e do ponto de vista prático de alocação de água na bacia. ANA

(2012) propôs um conjunto de ações de gestão diferenciadas que poderiam ser adotadas em função da classe criticidade dos rios (Tabela 4). Os principais temas envolvem ações relacionadas ao balanço hídrico, ao planejamento, à regulação e fiscalização das outorgas, aos mecanismos de gestão e à adoção de programas indutores de investimento e racionalização do uso da água.

O monitoramento dos usos, da qualidade e da disponibilidade de água é essencial para a avaliação do critério de outorga diante do cenário de escassez ou de poluição. É preciso considerar a possibilidade de agravamento do cenário no contexto da mudança climática utilizando-se os dados de previsão climática regional. Essas informações deverão embasar o fluxo decisório da outorga envolvendo a análise de risco, o estabelecimento de prioridades de uso, a adoção de pactos ou protocolos de compromisso, a intensificação da fiscalização do uso.

As ações de planejamento envolvem a definição das medidas estruturais e não estruturais, das diretrizes estratégicas de alocação de água e da adoção de planos de contingência que deverão ser aplicadas a estas bacias críticas. Outras medidas de gestão deverão ser adotadas, tais como, organização de usuários, racionamento de água, a identificação de usuários racionados, o estabelecimento de metas progressivas de qualidade da água, a constituição de fundos financeiros para a mitigação de danos e a instituição da cobrança pelo uso da água caso ainda não tenha sido implantada.

Pode-se dizer que esse conjunto de ações caracteriza uma gestão mais avançada dos recursos hídricos porque envolve uma articulação de diferentes entidades bem como o uso combinado da outorga com os outros instrumentos de gestão, tais como plano de recursos hídricos, cobrança e enquadramento voltados para condição de bacias críticas.

Não obstante as incertezas associadas às mudanças climáticas, o sistema de gestão de recursos hídricos deve encontrar meios para aumentar a capacidade de adaptação a essas mudanças a fim reduzir o risco de impactos ao desenvolvimento socioeconômico e ao meio ambiente do país. No caso da outorga, projeta-se que os efeitos das mudanças climáticas aumentarão o estado de criticidade das bacias no aspecto quantitativo, qualitativo ou de ambos.

Esta situação exigirá que os critérios de outorga sejam mais genéricos e flexíveis, não se restringindo a um critério hidrológico na maioria das vezes conservador. A análise da concessão de outorga deverá ser realizada no contexto de risco considerando a possibilidade da ocorrência de escassez em um cenário de mudança climática. A concessão deverá ser feita observando uma margem de segurança que permita o fornecimento de água mesmo em caso de redução drástica da vazão em um período prolongado de seca.

É sugerido que o processo de outorga seja realizado em duas etapas. Numa primeira etapa seria adotado um sistema simples e objetivo de análise de concessão de outorga em bacias de uso pouco intensivo de água, podendo-se usar o atual critério baseado no conceito de vazão outorgável. Numa segunda etapa, à medida que a bacia se desenvolve e os usos da água crescem, a bacia deverá ser declarada como crítica com base em um critério específico, podendo ser os propostos pela ANA (2012b). Neste caso deverão ser adotadas as medidas de gestão mais elaboradas e rigorosas, como as que foram cogitadas no texto. No processo de regularização e adequação dos usos da água deverá ser implantado o marco referencial para o comprimento das regras estabelecidas de uso e a alocação negociada de água na qual é decidido a quantidade de água que cada grupo de usuário disporá durante em um determinado tempo e quais os riscos de não atendimento que os usuários menos prioritários poderão assumir.

Tabela 4. Ações e procedimentos de gestão dos recursos hídricos para diferentes classes de criticidades dos rios. Fonte: ANA (2012b).

BLOCO TEMÁTICO DAS AÇÕES	AÇÕES RECOMENDADAS DE GESTÃO	Classes de criticidade dos trechos de bacia					
		1	2	3	4	5	6
Balanço hídrico	Avaliar a necessidade de aperfeiçoar o monitoramento quali-quantitativo	●	●	●	●	●	●
	Consolidar cadastro e refinar estimativa de demandas	●	●	●	●	●	●
	Refinar hidrologia e avaliação da qualidade da água	●	●	●	●	●	●
	Aprimorar modelagem quali-quantitativa : balanço hídrico	●	●	●	●	●	●
Planejamento	Elaborar estudos específicos: medidas estruturais e estruturantes	●	●	●	●	●	●
	Estabelecer metas progressivas de qualidade da água	●	●	●	●	●	●
Regulação e fiscalização	Adequar fluxo decisório da outorga	●	●	●	●	●	●
	Avaliar a restrição de emissão de outorgas preventivas	●	●	●	●	●	●
	Avaliar a aplicação Protocolos de Compromisso por trecho de rio/bacia	●	●	●	●	●	●
	Realizar fiscalização para o monitoramento da evolução da irrigação	●	●	●	●	●	●
Gestão local	Avaliar fomento/apoio à organização de usuários	●	●	●	●	●	●
	Avaliar a implementação da cobrança ou de outros mecanismos de gestão	●	●	●	●	●	●
Programas indutores	Verificar a orientação dos investimentos o PRODES	●	●	●	●	●	●
	Verificar a orientação de ações do Produtor de Água	●	●	●	●	●	●

Nota-se, de forma geral, que nossos sistemas de outorga se apoiam muito na condição de “business as usual”, ou seja, trabalham em condições mais rotineiras em que a disponibilidade de água é significativamente maior que a demanda. Entretanto, os maiores prejuízos econômicos e conflitos ocorrem devido a ocorrência de estiagens particularmente críticas, a padrões de consumo intenso ou ineficiências dos sistemas.

Sugere-se conferir mais robustez, resiliência e adaptabilidade aos sistemas de outorga dedicando mais esforços às situações em que o sistema hídrico está mais tensionado pelos fatores acima citados.

Entre as medidas que devem ser consideradas citam-se:

- Regras de fila para cortar usos menos prioritários
- Outorgas conjuntas para grupos de usuários
- Utilização de instrumentos econômicos com vistas à redução do consumo
- Ampliação e aprimoramento dos sistemas de informação da bacia (cadastros de irrigantes, monitoramento, etc.)
- Envolvimento dos Comitês de Bacia e da Comunidade em programas de gestão de demanda.

6.2.4 Cobrança pelo uso da água

A cobrança tem como objetivos reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação do seu real valor, assim como incentivar a racionalização do uso da água. Pode-se destacar, também, como um objetivo indireto a obtenção de recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos. Segundo a Lei nº 13.798, de 9 de Novembro de 2009, que Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas – PEMC, no Artigo 3º XXX III, define como um de seus princípios o poluidor-pagador, visto que o causador do impacto ambiental deve arcar com o custo decorrente do dano causado ao meio ambiente.

O Artigo 22, da mesma Lei, estabelece como objetivos a criação pelo Poder Executivo de instrumentos econômicos para estimular o crédito financeiro voltado a medidas de mitigação de emissões de gases de efeito estufa e de adaptação aos impactos das mudanças climáticas. Assim como, o estabelecimento de preços e tarifas, tributos e outras formas de cobrança por atividades emissoras de gases de efeito estufa. A regulamentação do mercado de carbono em que se pudesse estabelecer de preços de crédito de carbono, tributos ou outras formas de cobrança por infrações de comprimento de metas de emissão de gases de efeito estufa seriam alternativas que poderiam ser adotadas.

O papel do instrumento de cobrança vai além do simples reconhecimento da água, ou recurso natural, como um bem econômico, mas também se constituiu como um instrumento capaz de estruturar economicamente um sistema de gestão conferindo ao mesmo maior robustez e segurança.

Diante de cenários que apresentam riscos hidrológicos associados à cobrança pode subsidiar economicamente algumas ferramentas de gestão como: seguros aos usuários que apresentam perdas devido ao não atendimento as suas demandas, criação de um sistema de compensação financeira para os usuários que reduzem seus volumes captados reduzindo assim o risco de não atendimento para os usos considerados prioritários na bacia hidrográfica. Diferente de um sistema de seguro, que busca ressarcir um dano causado, o sistema de compensação financeira busca antecipar um determinado problema, assim, ao invés de pagar pela perda de produtividade, paga-se ao usuário de água para que este deixe de produzir um determinado produto. Este sistema busca minimizar os danos, reduzir o impacto econômico sobre os usuários e o desperdício de água com um determinado tipo de uso que apresentam um risco elevado de não atendimento.

A cobrança é um instrumento econômico em um primeiro momento foca em agregar valor a um determinado produto buscando orientar o uso racional do mesmo. Mas a potencialidade dos instrumentos econômicos vai além da simples conscientização dos usuários sobre a necessidade de um uso racional deste recurso. Entre as principais dificuldades de implementação do instrumento de cobrança está sua desvinculação de se tratar de apenas uma taxa, mais sim um instrumento que pode de forma efetiva introduzir uma

segurança maior aos usuários. Os estudos que tratam de mudanças climáticas estão em consenso sobre as inúmeras incertezas existente a definição sobre o real impacto que alterações climáticas podem causar sobre o sistema de recursos hídricos. Desta forma o instrumento de cobrança pode ganhar fôlego ao ponto de através de medidas compensatórias introduzir maior resiliência ao sistema.

Um exemplo de aplicação dos recursos da cobrança é o financiamento de projetos que busquem reduzir ou otimizar os usos dos recursos hídricos por meio de técnicas e equipamentos que promovam a eficiência de irrigação minimizando o desperdício, reduzindo as perdas e promovendo o uso racional da água. Técnicas de automação da irrigação permitem suprir níveis de umidade do solo de acordo com o tipo de solo e de cultivo possibilitando o consumo adequado de água para o suprimento das culturas. Investimento financeiro nessa área constitui uma boa estratégia de ação.

Existem diversos mecanismos econômicos que podem ser empregados de forma indireta onde se utiliza, como já mencionado, sistemas de compensação financeira onde um determinado setor pode acordar com outro setor para que este não use o seu direito de captação e detrimento de outro setor algo semelhante com um mercado de águas. Torna-se importante ressaltar que a água no Brasil é um bem público logo os usuários não tem o direito de vender a sua outorga. Esta questão deve ser tratada na forma de pacto entre os usuários com a participação do órgão gestor e da agência de bacia ou seu braço executor. Diante da complexidade de cada caso e das peculiaridades de cada bacia estes pactos devem ser construídos com o consenso de todos os envolvidos.

Os instrumentos econômicos, neste caso particular a cobrança pelo uso da água, é um instrumento que apresenta um grande potencial de introduzir resiliência e robustez ao sistema de gerenciamento de recursos hídricos, pois em bacias com elevado grau de criticidade, onde outros instrumento como outorga e enquadramento já apresentam dificuldades de implementação, a cobrança pode trazer uma flexibilidade diante das incertezas existentes na determinação da disponibilidade hídrica e disponibilidade ambiental do recurso hídrico. Nos cenários de mudanças climáticas as incertezas estão associadas com a disponibilidade hídrica, o que causa desconfiança para a mediação dos

conflitos pelos múltiplos usos da água. Neste enfoque o instrumento de cobrança pode representar um importante papel como um instrumento de negociação e flexibilização das regras de usos que podem sofrer alterações como a redução das captações e dos lançamentos. Desta forma diante das incertezas envolvidas no processo de análise os usuários de água poderiam sentir se mais confortáveis a assumir riscos maiores sabem que existe um instrumento econômico de compensação de eventuais danos causados pelas mudanças na disponibilidade causadas pela variabilidade climática.

6.2.5 Sistemas de Informação

Os estudos que abrangem as questões relacionadas a mudanças climáticas buscam avaliar diferentes cenários, assim como diversas metodologias de análise com o objetivo de reduzir ou minimizar o grau de incerteza inerente aos estudos que buscam quantificar os efeitos das alterações do clima.

Ultimamente tem sido dada ênfase ao uso de metodologias de auxílio à tomada de decisões devido à necessidade crescente de administrar e gerenciar um volume cada vez maior de informações. Ao mesmo tempo em que se tem acesso a um volume maior de informações estas devem apoiar-se na utilização de banco de dados, modelos matemáticos e em ferramentas computacionais disponíveis. A agregação dessas ferramentas em um ambiente único através de uma interface de utilização é conhecida como Sistemas de Suporte a Decisões (SSD).

Os estudos que buscam avaliar os efeitos da mudança climática sobre os recursos hídricos apresentam um elevado grau de complexidade, pois apresentam características particulares: devido ao grau de incerteza envolvido nas análises são gerados diversos cenários futuros igualmente possíveis, os métodos de análise são dinâmicos e compreendem várias áreas do conhecimento. Uma questão prática a ser resolvida é estabelecer um modelo de desenvolvimento que assegure a sustentabilidade econômica e ambiental. A água tem importância fundamental nos dois aspectos. O uso inadequado da água e a poluição dos mananciais por esgotos urbanos, resíduos agrícolas e

industriais têm ameaçado o bem estar da população. Tornar sustentável o uso dos recursos hídricos significa promover seu gerenciamento, ou seja, implementar ações para conservar a água, prevenir perdas, melhorar a eficiência de sistemas de abastecimento, melhorar a qualidade da água, retirar e utilizar água dentro de limites seguros dos sistemas produtores, permitir lançamentos de poluentes dentro das capacidades de absorção dos corpos hídricos e permitir descargas de água subterrânea dentro dos limites de não comprometimento dos aquíferos.

Em geral, os problemas relacionados com a influência da mudança climática nos recursos hídricos podem ser solucionados com gerenciamento e planejamento. O gerenciamento trata das questões relacionadas ao equilíbrio entre demanda e disponibilidade de água. Nos cenários de mudanças climáticas as incertezas estão associadas com a disponibilidade hídrica, o que pode conferir um grau maior de desconfiança para a mediação dos conflitos pelos múltiplos usos da água. Neste contexto, o planejamento trata da busca de alternativas para satisfazer o suprimento futuro de água e do desenvolvimento de métodos que tornem mais eficiente a alocação dos recursos hídricos considerando as limitações impostas pelo ambiente.

Desta forma, Sistemas de Suporte a Decisões têm conquistado importante espaço na gestão de recursos hídricos, pois englobam dados que são necessários para conhecimento dos problemas, modelos que transformam os dados em conhecimento que, por sua vez, subsidiam a tomada de decisão. São vários os exemplos de Sistemas de Suporte a Decisão, com diferentes características de funcionamento, aplicação e arquitetura, mas todos construídos com o propósito de fornecer melhores condições de análise para o gerenciamento e planejamento dos recursos hídricos.

As experiências adquiridas nos últimos anos na área de gestão de recursos hídricos alertam para a dificuldade de integração entre as bases de dados. A falta de integração pode ser atribuída aos próprios órgãos que não se preocuparam em atualizar o desenvolver ambientes mais flexíveis que permitam de forma prática e dinâmica um compartilhamento de dados e informações. O sucesso do desenvolvimento de um Sistema de Suporte a Decisão SSD está relacionado não só aos modelos que cálculo disponível, também a facilidade de alimentar e atualizar estes sistemas. Desta forma

recomenda-se que os sistemas de informações sejam desenvolvidos e atualizados buscando de uma forma prática uma integração entre as bases de dados.

7 Conclusões

Modelos climáticos globais mostram variações no clima em diferentes regiões do planeta. Simulações indicam que, no Brasil, a precipitação (P), a evaporação (E), a diferença $E - P$, a umidade relativa, o escoamento superficial e a umidade do solo tendem a diminuir nas regiões Norte e Nordeste e aumentar nas regiões Sul e Sudeste. Apesar do avanço científico na área, as previsões de eventos climáticos extremos ainda apresentam grandes incertezas, especialmente em pequena escala temporal e espacial.

As incertezas sobre a variabilidade dos eventos climáticos extremos afetam as políticas de gestão e de operação de sistemas de recursos hídricos e, portanto, devem ser observadas no sentido de minimizar os impactos sobre os sistemas. Em todo o mundo, especialistas concordam que este problema deve ser resolvido por meio da avaliação de risco, de modo a compreender a natureza e a importância das incertezas no processo de gerenciamento e planejamento dos recursos hídricos. Esta prerrogativa está prevista nas leis que regulamentam a política nacional de recursos hídricos, de meio ambiente e de mudanças climáticas.

Este texto faz um breve relato dos instrumentos disponíveis para a gestão de recursos hídricos e apresenta alguns exemplos de como a avaliação de risco pode ser aplicada para melhorar o desempenho dos sistemas tornando-os mais eficientes e eficazes. Contudo, pode-se dizer que ainda é 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 aplicar este conjunto de conceitos que envolvam novas formas de gerenciamento e planejamento mais flexível e adaptativo ao excesso e a escassez de água, formas eficazes de preparação de planos de contingência e também o uso de redundância dos sistemas.

Em relação à adaptação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos às mudanças climáticas conclui-se que:

- Os planos de recursos hídricos deverão conter as medidas preventivas e adaptativas aos efeitos das mudanças climáticas por meio da análise de cenários. Este método permite que se planeje a solução de problemas quando existem muitas variáveis e condicionantes incertos que dificultam a estruturação do problema. Os planos deverão conter os cenários climáticos e apresentar as medidas necessárias para mitigar os prováveis impactos causados às obras existentes e as projetadas, bem como seus riscos associados.

- Os sistemas de outorga de recursos hídricos têm por objetivo alocar água disponível em uma bacia hidrográfica de forma racional e sustentável. O entendimento do que seja racional deve levar em conta o equilíbrio e a harmonia de vários aspectos, muitas vezes conflitantes, tais como econômicos, sociais, ambientais e outros. As incertezas hidrológicas, agravadas por mudanças climáticas, e as relacionadas à estimativa das demandas futuras indicam que a análise da outorga deve ser feita com base na avaliação de risco. E, bacias consideradas críticas a outorga necessita de uma abordagem abrangente devendo-se adotar procedimentos de gestão que envolve ações relacionadas ao balanço hídrico, ao planejamento, à regulação e fiscalização das outorgas, aos mecanismos de gestão e à adoção de programas indutores de investimento e racionalização do uso da água.

- Enquadramento entre os Instrumento de Gestão de Recursos Hídricos é o que apresenta maior dificuldade de implementação. Esta dificuldade se deve em grande parte a problemas de interpretação do Instrumento, seja por parte do meio técnico, do poder público, dos legisladores, dos usuários e da sociedade como um todo. O seu conceito é bastante simples quando diz que a qualidade da água de um determinado corpo d'água deve ser compatível com o uso pretendido. Contudo, na prática a implementação do programa de efetivação do enquadramento torna-se bastante complexo devido à interpretação das diversas resoluções que

tratam do assunto, assim como, a dificuldade em trabalhar com o risco hidrológico, as incertezas envolvidas e a interpretação e utilização errônea de um instrumento de planejamento como um instrumento de comando e controle. Ao introduzir o risco e as incertezas envolvidos nos cenários que buscam avaliar os efeitos das mudanças climáticas observa-se que o Instrumento de Enquadramento não está estruturado para permitir estas análises: Entre os principais pontos que dificultam o processo de Enquadramento de um Corpo d'Água.

- Necessidade de considerar o risco do não atendimento do padrão de qualidade da água estabelecido para o enquadramento, onde o controle das metas pode ser realizado através da verificação da frequência e a amplitude do risco de violação em função do acréscimo de carga poluente lançada no corpo hídrico, permitindo que o planejamento se adapte as incertezas.
- Simplificação das regras para a efetivação do enquadramento. O texto fez um breve relato de alguns pontos das Resoluções CONAMA 91, 357 e 430, mostrando divergência de interpretação o que podem tornar o instrumento de Enquadramento complexo quanto à definição dos parâmetros utilizados para estudo dos cenários e definição das metas. O texto defende a flexibilização do enquadramento e esta flexibilidade pode ser pactuada na bacia durante a elaboração do Plano de Bacia Hidrográfica através da definição, escolha, dos parâmetros de qualidade que melhor representam os principais problemas de poluição da bacia que devem ser priorizados. Desta forma, o pacto permite a definição das metas intermediárias e do plano de ação e de investimento com base nesses cenários definidos no plano e os mesmos podem ser revistos nos planos futuros.
- O instrumento de Enquadramento não deve ser interpretado como comando e controle, pois o planejamento busca alcançar objetivos definidos no planejamento e não com controle do licenciamento uma questão que pode ser conflitante com a Resolução CONAMA 430, que define para os parâmetros em que não são definidas metas

intermediárias, logo para todos os parâmetros não simulados, a utilização da meta final.

- A cobrança pelo uso da água deve ser utilizada como indutora de resiliência robustez no gerenciamento dos recursos hídricos. Em bacias com elevado grau de criticidade, onde a outorga e o enquadramento já apresentam dificuldades de execução, a cobrança pode promover flexibilidade ao processo de gestão diante das incertezas provocadas por mudanças climáticas. Os instrumentos econômicos podem ser aplicados de duas formas: viabilizando a implementação de novas tecnologias de práticas de usos dos recursos naturais do objetivo disseminar as técnicas de uso racional, ou como forma de compensação minimizando os eventuais danos os usuários que estão sujeitos a um risco hidrológico mais elevado e estão em uma situação desprivilegiada na adoção de um critério de parada, como por exemplo a regra de fila que pode ser determinada na outorga. Mediadas que buscam minimizar o risco hídricos seja esta causado por eventos extremos ou pela alteração causada pela variabilidade climática.
- Os sistemas de informação têm como objetivo principal agrupar os dados e informações em uma base única, facilitando o uso destes dados em modelos, estudos e análises. Estes sistemas devem ser desenvolvidos em ambientes flexíveis que permitam de forma prática e dinâmica um compartilhamento de dados e informações. Entre os sistemas de informação destacam se os Sistemas de Suporte a Decisão SSDs que permitem não só operacionalizar os modelos que cálculo disponível, mas também a facilidade de alimentar e atualizar os dados nestes sistemas. Desta forma recomenda se que os sistemas de informações sejam desenvolvidos e atualizados buscando de uma forma prática para integração entre as bases de dados. A falta de integração das diversas bases de dados pode ser considerada uma das dificuldades para implementação e manutenção dos Sistemas de Informações.

Este texto buscou fazer uma revisão sobre o processo de gestão de recursos hídricos com um enfoque para discutir as vulnerabilidades dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos e como estes podem se adaptar aos cenários como um maior grau de risco hídrico, este relacionado as mudanças climáticas. Foram apontadas as principais dificuldades para aplicação de cada um dos instrumentos, assim como sugestões para adequação dos instrumentos com objetivo de oferecer maior resiliência e robustez para os processos de gestão e tomada de decisão.

8 Referências bibliográficas

- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Marco Regulatório da bacia do rio Piranhas-Açu. Nota Técnica n. 414, SOC. Brasília: ANA. 2004.
- ANA. _____. Manual operativo do Programa Produtor de Águas. Ed. 2. Brasília: ANA, 2012a. 84 p. Disponível em <<http://produtordeagua.ana.gov.br/>> Acesso em: 11 set. 2014.
- ANA. _____. Definição de trechos críticos em corpos d'água para subsidiar as ações de gestão de recursos hídricos na ANA. Nota Técnica Conjunta n. 2, SPR/SER. Brasília: ANA, 2012b.
- ANA. _____. *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013*. Brasília, ANA, 2013. 432 p.
- ANA. _____. Resolução Conjunta ANA/DAEE n. 910. Dispõe sobre a prorrogação do prazo de vigência da outorga de direito de uso de recursos hídricos do Sistema Cantareira para a Sabesp. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, seção 1, 11 de julho de 2014.
- BRASIL. Governo Federal. Decreto nº 6.263, de 21 de novembro de 2007. *Plano Nacional sobre Mudança do Clima*. Brasília, DF, 2008. 132 p.
- BRASIL. Governo Federal. Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010. *Regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC*. Brasília, DF, 2010.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Atualização do Plano Nacional sobre Mudança do Clima*. Brasília, DF, 2013. 83 p.

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 91, de 05 de novembro de 2008. Brasília, 2008.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília, 2005.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Brasília, 2011.
- Brites, A.P.Z. *Enquadramento dos Corpos de Água Através de Metas Progressivas: Probabilidade de Ocorrência e Custos de Despoluição Hídrica*. Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo na Área de Concentração: Recursos Hídricos, São Paulo, Estado de São Paulo, 2010.
- Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, L.W. *Applied hydrology*. McGraw-Hill. 1988. 572 p.
- Crichton, D. The risk triangle. In: Ingleton, J. (ed.) *Natural disaster management*. Leicester. England: Tudor House Holdings Ltd. 1999. P. 102-103.
- Cunha, L.V. Segurança ambiental e gestão de recursos hídricos. *Nação e Defesa*, n. 86, série 2, p. 27-50, 1998.
- European Communities. River basin management in a changing climate. In: Common implementation strategy for the water framework directive. Guidance document, 24. Technical Report 40, 2009. Disponível em <http://ec.europa.eu/environment/water/adaptation/index_en.htm> Acesso em: 10 set. 2014.
- FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Informação sobre o projeto “Adaptação do Planejamento e da Operação dos Recursos Hídricos à Variabilidade e Mudanças Climáticas na Bacia Estendida do São Francisco”. Disponível em <<http://www.funceme.br/index.php/listanoticias/>> Acesso em: 31 jul. 2014.
- IPCC. Summary for Policymakers. In: *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate

- Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 3-21, 2012.
- Lavell, A., M. Oppenheimer, C. Diop, J. Hess, R. Lempert, J. Li, R. Muir-Wood, and S. Myeong. Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability, and resilience. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 2012. p. 25-64.
- Patra, K.C. *Hydrology and water resources engineering*. Bhubaneswar, India, 2001.
- Plate, E.J., Duckstein, L. Reliability based design concepts in hydraulic engineering. *Water Resources Bulletin*, v. 24, p. 234–245, 1988.
- Porto, M.F.A., Porto, R.L.L. Em busca da gestão de recursos hídricos para a cidade resiliente. *Revista DAE*, n. 195, p. 6-11, 2014.
- Simonovic, S.P. *Managing water resources: methods and tools for a systems approach*. UNESCO, London, UK. 2009.
- Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, L.V. Alexander, S.K. Allen, N.L. Bindoff, F.-M. Bréon, J.A. Church, U. Cubasch, S. Emori, P. Forster, P. Friedlingstein, N. Gillett, J.M. Gregory, D.L. Hartmann, E. Jansen, B. Kirtman, R. Knutti, K. Krishna Kumar, P. Lemke, J. Marotzke, V. Masson-Delmotte, G.A. Meehl, I.I. Mokhov, S. Piao, V. Ramaswamy, D. Randall, M. Rhein, M. Rojas, C. Sabine, D. Shindell, L.D. Talley, D.G. Vaughan and S.-P. Xie. Technical Summary. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, and G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2013.
- UNEP. *The UN-Water Status Report on the Application of Integrated Approaches to Water Resources Management*. 2012.

Veiga, L.B.E.; Magrini, A. Recursos hídricos, mudanças climáticas e adaptação: proposições para o Brasil a luz da União Europeia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20. 2013, Bento Gonçalves. *Anais...* Bento Gonçalves: ABRH, 2013. 1 CD.

Wilby, R.L., Dessai S. Robust adaptation to climate change. *Weather*, v. 65, n. 7, p. 180-185, 2010.

9 Anexo

9.1 Avaliação de risco na gestão de recursos hídricos no contexto de mudanças climáticas

Como discutido nos itens anteriores, a avaliação de risco pode ser usada para melhorar a eficácia do processo de gerenciamento de recursos hídricos para diferentes cenários de mudanças climáticas. Cada cenário representa uma aproximação da possibilidade de ocorrência de eventos climáticos que irão afetar a tomada de decisão na aplicação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos numa determinada região considerando os planos, programas, políticas e legislação existentes na bacia, bem como os objetivos e metas para a alocação e uso da água definidos pelos diferentes grupos de usuários.

Para alcançar este fim foi criada uma situação hipotética, porém comum na gestão de recursos hídricos. O clima assume um papel muito importante na regulação do uso da água e por isso foram considerados cenários que representem projeções otimistas e pessimistas que possam afetar o balanço entre a demanda e a disponibilidade de água. Diante das incertezas existentes no sistema foram consideradas medidas mais ou menos conservadoras, assumidas pelos atores que atuam no processo de gestão na bacia.

9.2 Estudo de caso: sistema de aproveitamento de recursos hídricos

A situação assumida para demonstrar a avaliação de risco no gerenciamento dos recursos hídricos é uma bacia hidrográfica ocupada por três grupos de usuários com distintas características de uso da água, constituídos por irrigação de hortaliças e grãos, indústrias, abastecimento doméstico de água e a vazão ambiental que deverá ser mantida na foz.

A bacia é rural, mas dispõe de um importante parque agroindustrial que processa os produtos agrícolas produzidos e emprega uma grande parcela da população. A população residente na cidade é de 100.000 habitantes cujo consumo per capita é de 172,8 L/hab/dia, totalizando uma demanda de 0,2 m³/s. A maior demanda é de irrigação, seguida da indústria e a vazão ambiental estabelecida pelo órgão ambiental. As demandas mensais dos

grupos de usuários são apresentadas na Tabela 5. Esta situação representa o cenário atual de uso da água na bacia.

A legislação que rege o direito de uso da água determina que todos os usos deverão ser outorgados e define que a prioridade de abastecimento em situação de escassez hídrica é a abastecimento humano. As prioridades de atendimento para cada grupo de usuário estão apresentadas na Tabela 5.

A disponibilidade hídrica da bacia é representada pela curva de permanência da vazão média mensal (Figura 4). A vazão de referência é a Q_{90} cujo valor é de $2,18 \text{ m}^3/\text{s}$ e o critério de outorga de direito de uso da água é de 50% da Q_{90} cujo valor é de $1,09 \text{ m}^3/\text{s}$. Percebe-se que a vazão outorgável na bacia está no limiar de ser alcançada.

Tabela 5. Demandas e prioridades dos grupos de usuários na bacia.

Demanda	Vazão (m^3/s)	Prioridade
Abastecimento doméstico	0,20	Primeira
Ambiental	0,21	Segunda
Irrigação	0,30	Terceira
Indústria	0,25	Quarta
Total	0,96	-

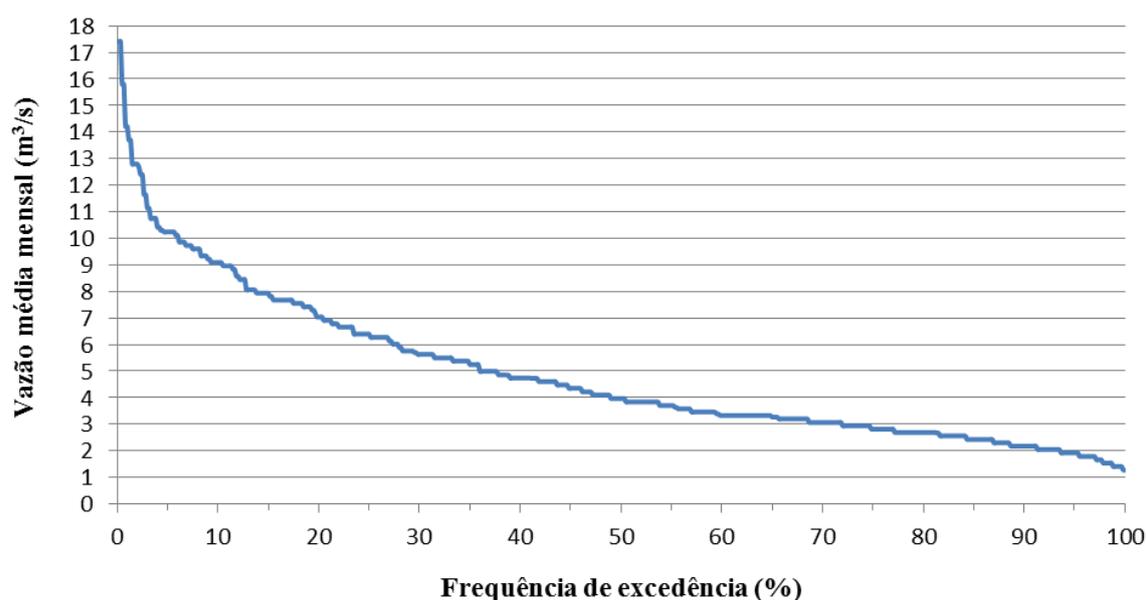


Figura 4. Curva de permanência da vazão média mensal da bacia.

A possibilidade de alteração do regime hidrológico para os próximos 30 anos, provocada por mudança climática regional, requer que a gestão dos recursos hídricos seja realizada considerando esta perspectiva. Neste estudo de caso será considerado que a tendência é que haja uma redução de 5% na vazão de referência Q_{90} . Especialistas avaliam que está tendência tem uma possibilidade de 60% de se confirmar. Dois cenários foram idealizados para representar uma mudança na política de gestão para os próximos 30 anos, um conservador e outro não conservador.

No cenário conservador a população tem uma taxa de crescimento pequena e prioriza-se a conservação ambiental por meio da redução de efluentes doméstico, agrícola e industrial. A redução da demanda de irrigação implicará numa menor produção agrícola e conseqüentemente uma menor atividade industrial e redução de emprego. Neste cenário há uma preocupação em controlar a demanda diante da perspectiva da redução da disponibilidade hídrica a fim de aumentar a garantia de atendimento às demandas.

No cenário não conservador espera-se amplo desenvolvimento da bacia, maior oferta de emprego, aumentando a população. Os recursos financeiros estarão disponíveis para investimento em infraestrutura com abastecimento de água o tratamento de uma maior quantidade de efluentes gerados na bacia e a área irrigada aumentará. Neste cenário a possibilidade futura de redução da disponibilidade hídrica contrasta com o aumento da demanda de água.

A Tabela 6 apresenta as demandas atual e futura para os cenários projetados que deverão obter outorga. A demanda de abastecimento público aumento mais no cenário conservador que no não conservador em 10% e 30% a mais que no cenário atual, respectivamente. A demanda de irrigação aumentou 17% no cenário não conservador em relação ao cenário atual e diminuiu na mesma no cenário conservador. Houve um aumento de 20% no cenário não conservador e uma redução de 16% no cenário conservador para a demanda industrial em relação ao cenário atual. A demanda ambiental foi admitida ser menor apenas no cenário não conservador em relação ao cenário atual em aproximadamente 14%. A demanda total diminuiu no cenário conservador e aumento para o limite da vazão outorgável no cenário não conservador. Foi definido que as prioridades de atendimentos das demandas são as mesmas do cenário atual, apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6. Demandas (m³/s) dos grupos de usuários nos cenários atual, conservador e não conservador.

Demanda	Atual	Conservador	Não Conservador
Abastecimento doméstico	0,20	0,22	0,26
Ambiental	0,21	0,21	0,18
Irrigação	0,30	0,25	0,35
Indústria	0,25	0,21	0,30
Total	0,96	0,85	1,09

9.3 Avaliação de risco na outorga de direito de uso da água em condição de mudança climática

A análise da outorga de captação de água na bacia deverá ser realizada com base na avaliação do risco levando-se em consideração as possibilidades de alteração do regime hidrológico e as preferências dos grupos de usuários da água. Foi elaborada uma lista dos principais impactos associados aos cenários de desenvolvimento, com base em estudos anteriores, em dados e informações coletadas com os usuários e técnicos da agência da bacia e da autoridade outorgante (Tabela 7).

Tabela 7. Potenciais impactos e tipos de riscos associados aos cenários de desenvolvimento.

Impacto	Classe de risco
Redução da vazão de referência (-)	Hidrológico
Aumento da poluição hídrica (-)	Ambiental
Perda da diversidade no ecossistema aquático (-)	Ambiental
Aumento da renda agrícola (+)	Econômico
Aumento de emprego (+)	Econômico
Aumento do custo com infraestrutura (-)	Econômico
Aumento do número de usuários (-)	Social
Equidade na utilização da água (+)	Social

Os impactos positivos foram marcados com sinal (+) e os negativos foram marcados com sinal (-) em relação aos cenários de desenvolvimento. A redução da vazão de referência afeta negativamente o risco de oferta hídrica na situação atual e com a tendência de redução de 5% no futuro que poderá diminuir significativamente as garantias de abastecimento das demandas menos prioritárias. A poluição hídrica reflete o risco de aumento da poluição do rio por fonte pontual causada por efluente doméstico e industrial, e por fonte difusa por meio de efluente agrícola. O impacto da perda da diversidade no ecossistema aquático é devido ao crescimento populacional, ao desenvolvimento agrícola, industrial, na infraestrutura, etc., que poderá aumentar a degradação do habitat natural de espécies endêmicas.

A renda agrícola poderá aumentar no cenário não conservador enquanto que no cenário conservador a renda poderá diminuir de acordo com o cenário considerado. O aumento de emprego está diretamente associado ao aumento da produção agrícola e ao desenvolvimento industrial que criam oportunidades de trabalho, e indiretamente devido à geração de oportunidades em outros setores da economia (serviços, saúde e educação). O impacto positivo seria diminuído no cenário conservador em que o desenvolvimento é desacelerado. O desenvolvimento da bacia implicará no aumento do custo de construção, manutenção e operação de obras hidráulicas e civis que servem a população. Foi acordado que os custos do aumento da demanda sobre os serviços públicos seriam suportados por todos os usuários do sistema de recursos hídricos.

O aumento do número de usuários, em qualquer cenário contribui para estressar ainda mais o sistema e por isso o impacto causado é negativo. A equidade na utilização da água refere-se à forma de distribuição da água entre setores, actividades, regiões e grupos sociais, por forma a conseguir uma utilização global da água que seja o mais vantajosa possível para a sociedade no seu conjunto (Cunha, 1998). A perda de equidade ocorre quando há falhas institucionais na execução da outorga capazes de estabelecer equilíbrios sobre o direito de acesso à água entre os vários grupos de usuários de acordo com as prioridades de uso.

As probabilidades do risco de cada cenário (p_{Rci}) foram estimadas por especialistas da área de recursos hídricos. As preferências sobre os riscos (k_{Rcj}) e os pesos de cada categoria de risco (d_{cj}) foram obtidos pelos grupos de usuários: técnicos do órgão gestor, da agência de bacia e do órgão ambiental; irrigantes de hortaliças e grãos; e representantes do setor industrial. Os diferentes grupos de usuários representam diferentes opiniões a respeito das características do sistema de recursos hídricos da bacia e da sua gestão.

Os indivíduos integrantes de cada grupo de usuário manifestaram suas opiniões e preferências por meio de formulários preenchidos em seminários realizados para esta finalidade, em que foram explicados os cenários de desenvolvimento e a possibilidade de ocorrência de mudança climática, as alternativas para de alocação de água, as condições de governança da gestão, a capacidade da infraestrutura hídrica e de serviços para usufruir dos futuros benefícios econômicos e sociais. Os representantes de cada grupo de usuário se manifestaram sobre o peso de quatro categorias de risco (hidrológico, ambiental, econômico e social) de modo que a soma total dos pesos é igual a 100. A Tabela 8 sintetiza aos pesos médios dos representantes dos grupos de usuários para cada categoria de risco.

As preferências médias dos representantes dos grupos de usuários sobre o risco assumido em cada categoria é a apresentado na Tabela 9. Foi definida uma escala de 0 a 10. Para risco negativo (-), 0 indica completamente propenso ao impacto do risco e 10 indica completamente adverso ao impacto do risco. Para o risco positivo (+), 0 indica não preocupação com o benefício do impacto e 10 indica que o representante deseja muito alcançar o benefício. As preferências foram convertidas no risco os pontos de cada impacto pelo total de pontos de cada classe de risco.

Tabela 8. Pesos médios (d_{cj}) dos representantes dos grupos de usuários da bacia para cada categoria de risco.

Classe de risco	Representantes		
	Técnicos	Irrigantes	Industriais
Hidrológico	30	23	26
Ambiental	20	10	14
Econômico	25	55	45
Social	25	12	15

Total	100	100	100
-------	-----	-----	-----

Tabela 9. Preferência média ($k_{R_{cj}}$) dos representantes dos grupos de usuários da bacia sobre o risco de impacto, para cada classe de risco.

Impacto	Classe de risco	Técnicos		Irrigantes		Industriais	
		Pontos	$k_{R_{cj}}$	Pontos	$k_{R_{cj}}$	Pontos	$k_{R_{cj}}$
Redução da vazão de referência (-)	Hidrológico	6,2	0,62	3,2	0,32	4,2	0,42
Total		10		10		10	
Aumento da poluição hídrica (-)	Ambiental	5,4	0,54	6,4	0,64	6,3	0,63
Perda da diversidade no ecossistema aquático (-)	Ambiental	4,8	0,48	5,5	0,55	5,2	0,52
Total		10,2		11,9		11,5	
Aumento da renda agrícola (+)	Econômico	3,6	0,36	7,8	0,78	4,1	0,41
Aumento de emprego (+)	Econômico	4,2	0,42	6,0	0,60	7,2	0,72
Aumento do custo com infraestrutura (-)	Econômico	5,2	0,52	5,6	0,56	5,7	0,57
Total		13		19,4		17	
Aumento do número de usuários (-)	Social	3,6	0,36	8,6	0,86	7,4	0,74
Equidade na utilização da água (+)	Social	6,5	0,65	5,0	0,50	6,3	0,63
Total		10,1		13,6		13,7	

Os valores dos riscos para cada grupo de usuários representa a preferência ponderada de cada grupo de usuários e foram calculados com os dados da Tabela 8 e da Tabela 9, de acordo com a equação 5. O produto $d_{cj} \cdot k_{R_{cj}}$ foi dividido por 100 resultando nos valores apresentados na Tabela 10.

As probabilidades de risco do impacto para os cenários foram determinadas por especialistas experientes na gestão de recursos hídricos depois de conhecerem os cenários propostos. Foi utilizada uma escala para transformar a importância qualitativa em quantitativa (Tabela 11), conforme Simonovic (2009). A Tabela 12 apresenta o resultado computado das probabilidades estimadas.

O risco estimado (r_{ij}) pelos grupos de usuários para cada cenário foi obtido multiplicando-se $V_{R_{cj}} \cdot p_{R_{ci}}$ (equação 6). A Tabela 13 resume os riscos estimados para os cenários especificados na avaliação da outorga de direito de

uso da água na bacia. A Tabela 14 fornece a média do risco estimado para cada grupo de usuário da água nos três cenários analisados.

O menor risco estimado indica a opção preferida menos arriscada. A perspectiva de redução da vazão de referência da bacia provocada por mudança climática foi considerada de baixo risco pelos grupos de usuários nos cenários: conservador e não conservador (Tabela 13). Em média, os três grupos de usuários mostrou preferência pelo cenário não conservador e o cenário conservador foi considerado o mais arriscado. A classe de risco econômico foi preponderante para justificar essa preferência, uma vez que os grupos de usuários foram adversos a este risco. Os técnicos consideram o cenário conservador menos arriscado em relação ao não conservador, enquanto que os irrigantes e industriais pensam o contrário. O risco dos impactos positivo, geralmente relacionados ao desenvolvimento da bacia, contribui mais vezes para a estimativa do risco (Tabela 15). Observa-se nesta mesma tabela que, apesar do cenário conservacionista receber um menor valor do risco estimado (relacionado com os impactos negativos), o mesmo alcança a maior probabilidade de risco de impacto positivo resultando no maior risco global em relação ao cenário não conservador.

Os resultados da avaliação de risco aplicado neste estudo de caso indicam que a possibilidade de mudança climática não afeta a política de outorga de direito de uso da água, para o cenário não conservador, de acordo com a preferência dos grupos de usuários da bacia. Considerando que haja uma redução de 5% da vazão outorgável, de 1,09 m³/s (situação atual) para 1,04 m³/s (perspectiva de mudança climática), pode-se dizer que o risco global estimado de não atendimento das demandas projetadas para o cenário não conservador, para os próximos 30 anos, é em média 38% (Tabela 14).

Tabela 10. Valor do risco do impacto ($V_{R,i}$) para cada grupo de usuários da bacia.

Impacto	Representantes		
	Técnicos	Irrigantes	Industriais
Redução da vazão de referência (-)	0,186	0,074	0,109
Aumento da poluição hídrica (-)	0,106	0,054	0,077
Perda da diversidade no ecossistema aquático (-)	0,094	0,046	0,063

Aumento da renda agrícola (+)	0,070	0,220	0,108
Aumento de emprego (+)	0,080	0,171	0,189
Aumento do custo com infraestrutura (-)	0,100	0,160	0,153
Aumento do número de usuários (-)	0,090	0,076	0,081
Equidade na utilização da água (+)	0,160	0,044	0,069

Tabela 11. Escalas qualitativa e quantitativa utilizada para estimar as probabilidades de risco.

Qualidade	Quantidade	Qualidade	Quantidade
Nenhum	0,00	Moderado	0,50
Desprezível	0,05	Moderadamente alto	0,65
Muito baixo	0,10	Alto	0,80
Baixo	0,20	Muito alto	0,95
Moderadamente baixo	0,35	Certo	1,00

Tabela 12. Resumos das probabilidades de risco ($p_{R,i}$) estimadas por especialistas na gestão de recursos hídricos.

Impacto	Atual	Conservador	Não Conservador
Redução da vazão de referência (-)	0,00	0,35	0,50
Aumento da poluição hídrica (-)	0,35	0,20	0,50
Perda da diversidade no ecossistema aquático (-)	0,35	0,20	0,65
Aumento da renda agrícola (+)	0,65	0,80	0,35
Aumento de emprego (+)	0,80	0,95	0,50
Aumento do custo com infraestrutura (-)	0,20	0,10	0,50
Aumento do número de usuários (-)	0,10	0,20	0,35
Equidade na utilização da água (+)	0,80	0,50	0,20

Tabela 13. Risco estimado (r_{ij}) para os cenários de desenvolvimento para avaliação da outorga de direito de uso da água na bacia.

Impacto	Atual			Conservador			Não Conservador		
	Técnicos	Irrigantes	Industriais	Técnicos	Irrigantes	Industriais	Técnicos	Irrigantes	Industriais
Redução da vazão de referência (-)	0,000	0,000	0,000	0,065	0,026	0,038	0,093	0,037	0,055
Aumento da poluição hídrica (-)	0,037	0,019	0,027	0,021	0,011	0,015	0,053	0,027	0,039
Perda da diversidade no ecossistema aquático (-)	0,033	0,016	0,022	0,019	0,009	0,013	0,061	0,030	0,041
Aumento da renda agrícola (+)	0,046	0,143	0,070	0,056	0,176	0,086	0,025	0,077	0,038
Aumento de emprego (+)	0,064	0,136	0,151	0,076	0,162	0,180	0,040	0,085	0,095
Aumento do custo com infraestrutura (-)	0,020	0,032	0,031	0,010	0,016	0,015	0,050	0,080	0,077
Aumento do número de usuários (-)	0,009	0,008	0,008	0,018	0,015	0,016	0,032	0,026	0,028
Equidade na utilização da água (+)	0,128	0,036	0,055	0,080	0,022	0,035	0,032	0,009	0,014
Totais	0,337	0,389	0,364	0,345	0,437	0,398	0,385	0,371	0,385

Tabela 14. Risco estimado médio dos grupos de usuários em cada cenário analisado.

Grupo de usuários	Atual	Conservador	Não Conservador
Técnicos	0,337	0,345	0,385
Irrigantes	0,389	0,437	0,371
Industriais	0,364	0,398	0,385

Média	0,363	0,393	0,380
-------	--------------	--------------	--------------

Tabela 15. Soma dos riscos dos impactos positivos e negativos, em cada cenário, para cada grupo de usuário.

Cenário	Grupo de usuário	Positivo	Negativo
Atual	Técnicos	0,238	0,099
	Irrigantes	0,315	0,074
	Industriais	0,277	0,066
Total		0,829	0,239
Conservador	Técnicos	0,212	0,133
	Irrigantes	0,360	0,077
	Industriais	0,300	0,098
Total		0,873	0,308
Não Conservador	Técnicos	0,097	0,289
	Irrigantes	0,171	0,200
	Industriais	0,146	0,239
Total		0,414	0,727