

RELATÓRIO FINAL – R-2



**CONTRATO Nº 114113 do Projeto de Cooperação Técnica BRA/IICA/12/003 –
ANA/INTERÁGUAS**

**Outorga de direito de uso, tendo em vista as incertezas dos cenários futuros, em face às
Mudanças Climáticas**

**VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS EXPERIÊNCIAS
INTERNACIONAIS SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ALOCAÇÃO
DE ÁGUA**

Consultor: Fernando Antonio Rodriguez

Brasília, 27 de fevereiro de 2015

Sumário

1.	Introdução	1
1.1.	Glossário	3
2.	Atividades desenvolvidas	5
2.1.	Revisão bibliográfica e pesquisa na WEB	5
2.2.	Entrevistas com atores estratégicos	6
3.	Mudanças climáticas e alocação de recursos hídricos.....	7
3.1.	Incertezas	7
3.2.	Divergências de entendimentos.....	9
3.3.	Enfoques e cuidados com novos conceitos.....	10
3.4.	Novos conceitos que precisam ser analisados e incorporados aos planos de recursos hídricos	11
3.5.	Indicadores podem auxiliar nos instrumentos de outorga e alocação de água	13
3.6.	Índice de Harmonia Humano/Água.....	14
4.	Aspectos legais na gestão dos recursos hídricos e as mudanças climáticas	15
5.	Processos de gestão participativa - mudanças de paradigmas.....	16
6.	Disputas pelo uso da água em rios compartilhados	17
7.	Adaptação	18
8.	Disponibilidade hídrica em função de mudanças climáticas na construção de cenários – Q_{95} , Q_{90} e Q_{MLP}	22
9.	Usos de gatilhos para gestão dos recursos hídricos em situação de estresse	28
9.1.	Gatilho da bacia do rio Murray-Darling na Austrália	29
9.2.	Gatilho da cidade de Lubbock – Texas Estados Unidos.....	32
10.	Planos de Recursos Hídricos.....	40
11.	Outorgas vinculadas a redução de emissão de gases de efeito estufa	46
12.	<i>Trade-off</i> entre custos e riscos	48
13.	Modelagem de alocação de água com inserção de cenários de mudanças climáticas	50
13.1.	Modelos climáticos e o regime hidrológico	51
14.	Utilização das experiências analisadas – vantagens e desvantagens	52

15. O Grande Desafio do Meado deste Século – a agricultura irrigada	54
16. Conclusões e Sugestões	59
16.1 Alerta.....	60
16.2 Quadro síntese das recomendações.....	69
Referências.....	72
Anexos:.....	75
Anexo 1 – Ajuda memória reunião com Prof. Walter Colischonn	75
Anexo 2 – Ajuda Memória reunião Prof. Francisco de Assis de Souza Filho.....	78
Anexo 3. Ajuda Memória reunião com Dr. Francisco Lopes Viana	85

Lista de Figuras

Figura 1. Estimativa da elasticidade de vazões na Austrália, com ordem de grandeza dos coeficientes de escoamento no Sul do Brasil.....	13
Figura 2. Simulação do crescimento com e sem mudança climática e em qual limite é recomendável investir para adaptação aos seus efeitos e impactos.....	20
Figura 3. Modelo do estudo “Brasil 2040: cenários e alternativas para adaptação à mudança do clima”.	21
Figura 4. Análise estatística Q_{90} – Foz do rio Ibicuí – Cenários AIB-AIM, A2-ASF e B2-MÊS: mínimo, máximo, mediana e 10º e 90º percentis.....	24
Figura 5. Análise estatística Q_{95} – Foz do rio Ibicuí – Cenários AIB-AIM, A2-ASF e B2-MÊS: mínimo, máximo, mediana e 10º e 90º percentis.....	24
Figura 6. Análise estatística Q_{MLP} – Foz do rio Ibicuí – Cenários AIB-AIM, A2-ASF e B2-MÊS: mínimo, máximo, mediana e 10º e 90º percentis.	25
Figura 7. Análises estatísticas das mudanças na vazão com 90% de permanência na Foz do Rio Ibicuí: média, 10º e 90 percentis.....	26
Figura 8. Análise estatística das mudanças na vazão com 5% de permanência na foz do Rio Ibicuí: média, 10º e 90 percentis.	26
Figura 9. Elementos essenciais para orientar o regime de extração de água sustentável	29
Figura 10. Modelo conceitual para otimização da extração dos recursos relativos aos benefícios da linha tripla de base de benefícios.....	30
Figura 11. Resposta do ecossistema à mudança dos níveis de extração de água	31
Figura 12. Resposta socioeconômica à mudança dos níveis de extração de água	32
Figura 13. Complexidade de um plano de recursos hídricos	41
Figura 14. Inter-relacionamento entre os atores envolvidos no plano de recursos hídricos	42
Figura 15. Fases do plano de recursos hídricos e o engajamento dos <i>stakeholders</i>	44
Figura 16. Desenvolvimento de um plano de recursos hídricos com inserção das mudanças climáticas.....	45
Figura 17. Interações entre os diversos componentes do sistema terrestre aquático em relação à mudança climática.....	46
Figura 18. Como identificar <i>trade-offs</i> presente, emergindo ou futuro.	48
Figura 19. Avaliação do nível de risco e os custos para sua redução.....	49

Figura 20. Potencial para agricultura irrigada no mundo e as pressões para triplicar sua produção	55
Figura 21. Variação da temperatura nos últimos 10 mil anos (Holoceno) estimada por meio dos cilindros de gelo do Greenland Ice Sheet Project 2 (GISP 2) (apud Molion , 2015).....	61
Figura 22. Série temporal da temperatura média de 8 estações no Ártico desde 1880.	62
Figura 23. Variação da temperatura da baixa troposfera global estimada pelas Unidades de Sondagem por Micro-ondas (MSU) a bordo de satélites (apud Molion, 2015).....	63
Figura 24. Variação da temperatura média global (eixo vertical esquerdo, °C) e a variação da concentração de CO ₂ (eixo vertical direito, ppmv) nos últimos 17 anos (apud Molion, 2015). .	64
Figura 25. Variação da taxa de crescimento da população de animais ruminantes e a variação da concentração de metano na atmosfera.....	64
Figura 26. Oscilação Multidecadal do Atlântico Norte (OMA), mostrando a variabilidade das TSM ao longo dos anos.	65
Figura 27. Artigo da revista The Economist sobre mudança climática paralisando aquecimento.	66
Figura 28. Oscilação Decadal do oceano Pacífico (ODP).....	68
Figura 29. Demonstração hipotética da amplitude de vários modelos de mudanças climáticas	79
Figura 30. Exemplo hipotético de análise por período interanual para concessão de outorga .	81
Figura 31. Modelo de cobrança de acordo com riscos e pagamento de compensações em situações de estresse hídrico.	82

Lista de Quadros

Quadro 1. Condições que definem a aplicação de gatilhos em situação de estresse quando inicia e quando termina,.....	33
Quadro 2. Critérios para aplicação de gatilho pela comunidade Lubbock – Texas Estados Unidos em situação de estresse hídrico.....	36

1. Introdução

Este relatório RT2 corresponde ao terceiro produto do contrato nº 114113 celebrado no âmbito do projeto de cooperação técnica BRA/IICA/12/003-ANA/INTERAGUAS, que tem por objetivo o aperfeiçoamento dos processos de outorga e alocação de água tendo em vista as incertezas decorrentes de eventuais mudanças climáticas e de regimes hidrológicos. Este contrato prevê a elaboração de três produtos: o plano de trabalho, o RT 1, contendo levantamento de experiências internacionais de adaptação de regimes de outorga e alocação de água, e este RT2, que apresenta a identificação das vantagens e desvantagens das metodologias de aperfeiçoamento da outorga e alocação de água adotadas internacionalmente, bem como a respectiva análise de perspectiva de utilização no caso brasileiro e das adaptações técnicas, legais, institucionais e econômico-financeiras necessárias para a implementação dessas metodologias.

Este relatório RT2 baseia-se nas experiências internacionais já levantadas no relatório RT1, bem como em entrevistas com atores estratégicos e discussões com a equipe da ANA. Durante essas discussões foi informado que haviam sido encontradas poucas experiências internacionais específicas sobre adaptação de regimes de outorga e alocação de água em razão de mudanças climáticas, conforme panorama dos estudos analisados por ocasião da apresentação do último relatório. Dessa forma, o presente relatório foi orientado a descrever elementos relevantes de experiências internacionais relacionados a alocação de água e mudanças climáticas, bem como vantagens, desvantagens e perspectivas de aplicação no Brasil.

Ao mesmo tempo foram expostas recomendações como: 1) aprofundamento do estudo do modelo adotado pelo Estado americano do Texas na alocação de água, que contempla os cenários das mudanças climáticas, de modo a se identificar o que precisaria ser feito para sua adaptação às condições brasileiras; 2) a contemplação de cenários para avaliação dos impactos e efeitos das mudanças em todo plano de recursos hídricos e de bacia hidrográfica; e 3) a exigência de planos de contingências para a obtenção de outorgas de direito de uso da água, de modo a se caminhar para instituição de gatilhos em casos de estresse hídrico, como o que acontece na bacia do rio Verde Grande.. Além disso, foi sugerido que outras possibilidades de aperfeiçoamento da outorga fossem investigadas como: 1) sistematização da elaboração de estudos para identificar mudanças de indicadores de disponibilidade hídrica (Q_{95} , Q_{MLP} , etc.) em função de mudanças climáticas; 2) Definição de gatilhos (em termos de disponibilidade hídrica) e ações associadas (em termos de restrições de) uso da água ou alterações em outorgas, exigência de planos de contingência e de adaptação a mudanças do clima para certos tipos de usos e em bacias selecionadas, e revisão periódica de procedimentos de outorga, em função de alterações hidrológicas e de demanda resultantes de mudanças climáticas; e 3) Exigências e requisitos diferenciados para emissão de outorga a usos de água que contribuem para mudança climática e hidrológica (exemplo: termoelétricas a carvão).

Foi feito esforço adicional para se tentar contemplar as recomendações emanadas dessas discussões de forma consistente e orientada a sua aplicação, ou seja, à adaptação e ao aprimoramento dos sistemas de outorga vigente no Brasil. Entretanto, poucas referências

específicas foram encontradas. Considerando essas limitações, a análise dos diversos elementos de experiências internacionais considerados relevantes está descrita nos itens 3 a 14 deste RT2.

Aspectos gerais das experiências internacionais em alocação de água e mudanças climáticas são descritas e criticadas no item 3. Neste item, fica claro que existe ainda um vazio grande de experiências capazes de orientar os instrumentos de outorga e alocação de água em face aos impactos das mudanças climáticas, abrindo um leque de potencial para futuros estudos focados no desenvolvimento de novas ferramentas e propostas de aperfeiçoamento da outorga. Entretanto, constata-se a predominância das incertezas (item 3.1) e algumas divergências entre os próprios cientistas que se dedicam a esse tema (item 3.2). Além disso, ressalta-se a necessidade de cautela e atenção na aplicação de outros conceitos que podem ser introduzidos na gestão dos recursos hídricos, como os mercados virtuais de água (item 3.3) e a elasticidade hidrológica.

No item 4, foi feita uma breve análise dos aspectos legais no que se refere aos recursos hídricos e as mudanças climáticas.

No item 5, é abordada a ênfase dada por todos os países pesquisados na gestão participativa, de modo a compartilhar os riscos das mudanças climáticas.

No item 6, foi analisado como se tem gerido os rios compartilhados por diversos países, para se comparar com o Brasil, um país de dimensão continental e federativo.

No item 7, foi analisado o conceito de adaptação, já assimilado pelo Brasil e em pleno desenvolvimento, sobre o qual a própria ANA já está trabalhando junto com a Secretaria de Assuntos Estratégicos.

No item 8, são analisados os indicadores de disponibilidade hídrica (vazões de referência) comumente usados nos procedimentos de outorga no Brasil e sua potencial adaptação em função de cenários de mudanças climáticas. Conseguiu-se analisar alguns estudos que demonstram mais ainda o grau de incertezas nos cenários futuros de vazões de referência.

O item 9 apresenta detalhes a aplicação de experiências internacionais que usam gatilhos para a alocação de água, como a Austrália e a cidade de Lubbock no Texas – Estados Unidos. É um instrumento importante que terá que ser considerado em bacias hidrográficas críticas do país, com envolvimento da sociedade local, e deverá nortear as outorgas nessas bacias.

O item 1º analisa o aperfeiçoamento de planos de recursos hídricos, uma vez que a maioria dos países recorre a esses instrumentos para definição de possíveis soluções para enfrentar os impactos e efeitos das mudanças climáticas.

O item 11 discute o potencial de uso da outorga como instrumento para mitigação de efeitos de mudanças climáticas. Usualmente, entende-se que os instrumentos de gestão, como a outorga, devem ser adaptados a mudanças climáticas. Entretanto, instrumentos de gestão também tem o potencial de mitigar efeitos de mudanças climáticas, tendo em vista sua integração com instrumentos de gestão ambiental. Embora, nenhuma experiência específica tenha sido encontrada, este consultor julga que é uma abordagem que vale a pena ser aprofundada,

principalmente pela necessidade de integração das políticas de recursos hídricos e de meio ambiente, preconizada na Lei 9433, de 1997.

No item 12, foi explorado como o *trade off* tem sido considerado nos planos de bacias, tendo em vista que todos os planos e as abordagens dos diferentes países recorrem ao envolvimento público à forte e competente negociação entre as partes envolvidas, para avaliação de alternativas de alocação de água.

O item 13 detalha a experiência do Estado do Texas na incorporação de cenários de mudanças climáticas em sistemas de alocação de água. Trata-se da experiência mais relevante e mais próxima dos objetivos originais deste estudo.

As vantagens e desvantagens de utilização das experiências analisadas estão abordadas em maior profundidade no item 14, que mostra que nenhuma delas tem aplicação direta, embora todas sirvam de referência. A análise crítica apresentada nesse item conclui que a solução tem que ser local, de acordo as peculiaridades de cada região. As experiências internacionais são úteis, mas nenhuma delas pode ser copiada pura e simplesmente.

A questão da agricultura irrigada, a maior usuária de água dos mananciais no mundo e no Brasil, é abordada no item 15, enfatizando as pressões que o Brasil sofrerá para contribuir para alimentar o mundo, no meado deste século e necessidade de definição de estratégias de alocação de água que considerem possíveis efeitos de mudanças climáticas.

As conclusões e recomendações estão apresentadas no item 16 e um quadro síntese das principais experiências analisadas, bem como as perspectivas de adaptação às condições brasileiras, é apresentado no item 17. Para se tirar algumas conclusões foi preciso ouvir o contraditório. Alguns especialistas têm colocado em dúvida o processo de mudança climática decorrente do aquecimento global provocado por atividades humanas, uma vez que entendem que não está de acordo com dados e evidências históricas. Segundo esses especialistas, o clima global varia naturalmente e já esteve mais quente no passado, e o que é mais alarmante é o possível resfriamento do planeta nas próximas décadas. Esta apreciação também foi contemplada no item 16.

Referências bibliográficas são apresentadas no item 18. Os anexos contemplam as entrevistas com os atores estratégicos, estão apresentados no item 19. Para facilidade do entendimento de alguns conceitos que tem diferentes abordagens, um glossário é apresentado a seguir, para facilitar o entendimento do que está descrito em cada uma das análises aqui apresentadas.

1.1. Glossário

Das pesquisas feitas selecionaram-se alguns poucos conceitos para uniformização dos entendimentos e abordagens feitas, de modo a facilitar qualquer leitor no entendimento do texto, mesmo sabendo de outros conceitos existentes sobre a mesma nomenclatura.

Adaptação à mudança climática – Antecipar-se e preparar-se para as mudanças climáticas por intermédio do planejamento e é essencial para o desenvolvimento sustentável. A adaptação é

um processo de grandes proporções, que requer o esforço coordenado de diferentes atores dentro e fora do Governo. Os grupos vulneráveis têm geralmente uma variedade de alternativas para incrementar a adaptabilidade e reduzir o risco nos tempos de atenção e desastre.

Capacidade de governança da água – Os recursos hídricos de bacias hidrográficas, planícies aluvionais e zonas costeiras devem ser gerenciados por um conjunto de instituições bem articuladas entre si, com papéis claramente definidos, com capacidade técnica, legitimidade política e suporte financeiro adequado. Esse conjunto de instituições também deve ter capacidade adaptativa aos possíveis cenários de mudanças climáticas.

Enfoque em ecossistemas – A adaptação baseada em ecossistemas se refere ao uso da biodiversidade e o serviço do ecossistema como parte de uma estratégia holística de adaptação, que ajude às pessoas a adaptar-se aos efeitos das mudanças climáticas. Como um dos possíveis elementos de uma estratégia mais ampla de adaptação, o enfoque ecossistêmico utiliza a gestão sustentável, a conservação e a restauração dos ecossistemas para prover os serviços que por sua vez possibilitem às pessoas adaptar-se aos impactos das mudanças climáticas.

Gatilho – nível de referência para acionar uma providência para assegurar um nível mínimo de segurança ao fornecimento ou disponibilização do recurso hídrico.

GCM – sigla em inglês Global Change Model – Modelo Climático Global em português.

Gestão de riscos – O enfoque para a gestão dos riscos associados a mudanças climáticas deve ser considerado como uma ferramenta a ser utilizada na busca de iniciativas que possam ser adaptadas frente às mudanças, como também a redução da vulnerabilidade frente aos níveis de riscos em mudanças. Um desafio chave e também uma oportunidade é a vincular os esforços atuais para a gestão dos desastres (enfocados na redução da vulnerabilidade ante aos eventos extremos) e os esforços para promover a adaptação à mudança climática. Os riscos devem ser melhor conhecidos em lugares onde os parâmetros climáticos são alterados e onde se verifica um aumento na ocorrência de fenômenos naturais extremos.

Governança - deriva do termo governo, e pode ter várias interpretações, dependendo do enfoque. Segundo o Banco Mundial, “governança é a maneira pela qual o poder é exercido na administração dos recursos sociais e econômicos de um país visando o desenvolvimento, e a capacidade dos governos de planejar, formular e programar políticas e cumprir funções”. Governança pode ser sinônimo de governo, o órgão de soberania ao qual cabe a condução política geral de um país, sendo o órgão superior da administração pública. No entanto, governança também pode dizer respeito às medidas adotadas pelo governo para governar o país em questão.¹

Outorga - A Lei nº 9433, de 1997, estabelece que a outorga de direito de uso de recursos hídricos como um dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos, que tem por objetivo o controle quantitativo e qualitativo dos usos dos recursos hídricos. É o instrumento que confere segurança a usuário de água quanto ao efetivo exercício de seus direitos de acesso à água.

¹ <http://www.significados.com.br/governanca/>

Vulnerabilidade - é o grau de susceptibilidade de um sistema aos efeitos negativos da mudança climática, incluindo a variabilidade e os extremos climáticos. Os países em vias de desenvolvimento são os mais vulneráveis aos efeitos da mudança climática devido a que dispõem de menos recursos para adaptar-se social, tecnológica e financeiramente.

2. Atividades desenvolvidas

Todos os trabalhos levantados na WEB e outros disponibilizados pelos entrevistados e alguns pela própria ANA foram analisados criticamente quanto suas vantagens e desvantagens, bem como quanto a sua utilização e aplicação no trabalho em tela. Essa discussão foi objeto do relatório anterior e agora se limita a indicar vantagens e desvantagens para utilização no Brasil.

A análise referiu-se aos critérios de alocação de água e à sua sistemática e frequência de atualização em face das Mudanças Climáticas. Também foi levado em consideração o que está sendo feito quanto aos aspectos técnicos, econômicos e sociais, e quais os resultados obtidos. Além disso, verificou se é possível identificar as metodologias que os países estão utilizando para suas previsões climáticas, tendo em vista que poucas experiências foram encontradas.

2.1. Revisão bibliográfica e pesquisa na WEB

A revisão bibliográfica e pesquisa na WEB buscou encontrar experiências de como gerir os impactos e efeitos das mudanças climáticas sobre alocação de recursos hídricos, principalmente em relação às iniciativas que vêm sendo adotados pelos mais diferentes países para enfrentar essa situação.

Ainda são incipientes os estudos feitos sobre os efeitos das mudanças climáticas sobre recursos hídricos em nível de bacia hidrográfica. Por outro lado existem poucas pesquisas sobre os impactos das mudanças climáticas sobre os usuários individuais (a recomendação dada ao Consultor é que analisasse mais detalhadamente, sempre que possível, o usuário irrigação).

De um modo geral, a pesquisa realizada aponta que os governos se mobilizam e tomam providências rápidas só quando um evento crítico ocorre como. Por exemplo, em resposta à ocorrência de secas, governos concentram suas atividades na redução da demanda de água, gestão, realocação e distribuição das fontes de água existentes e no estabelecimento de prioridades de acordo com os diferentes usos, (Harrison, 1977 apud Frey 2012). Assim, em geral, não há um planejamento de ações estratégicas para enfrentar essas questões com a devida antecedência, evitando determinados danos passíveis de serem previstos e com certa expectativa de recorrência.

Em todos os trabalhos analisados, todas as ações propostas são referenciais. Embora careçam ainda de aprimoramentos, devem ser levadas em conta para não se incidir nos mesmos erros, sendo que as **soluções serão específicas para cada região** em si. Ou seja, todas essas experiências mostram que as soluções serão sempre locais, por região e tem grande influência dos arranjos administrativos e institucionais vigentes nessas regiões as quais variam de acordo com as suas características e dos sistemas como elas são governadas.

2.2. Entrevistas com atores estratégicos

O Plano de Trabalho previu várias entrevistas de acordo com cada região geográfica do país. Ao final, acordou-se por um número mais limitado, sendo que deveriam ser entrevistados o Prof. Luiz Cláudio Costa, o Prof. Walter Colischonn, o Prof. Francisco de Assis de Souza Filho e o Ex-presidente da ANA e Prof. Jerson Kelman.

O Prof. Luiz Cláudio se manifestou muito interessado no tema, tendo, inclusive contatado mais duas outras autoridades do País em Mudanças Climáticas, os Drs. Carlos Nobre e Jose Marengo, para uma reunião para se dedicar algumas horas ao debate dessa questão. Entretanto, pelos cargos que essas pessoas ocupam e tendo em vista o acúmulo de ocorrências no final do ano e início de outro, foi impossível concretização da referida reunião.

Contudo, o contato do Prof. de um modo geral com esses outros pesquisadores demonstrou que está patente a importância da inserção do tema outorga e alocação de água nos estudos sobre mudanças climáticas. É um assunto que até hoje não mereceu a atenção de qualquer pesquisador, que fosse do conhecimento desses contatados.

O Prof. Walter Colischonn emitiu opinião, reforçando o que se tinha pesquisado, dizendo que sobre o tema não tem conhecimento de trabalhos desenvolvidos especificamente com essa finalidade. Na questão de alocação de água, citou alguns trabalhos alguns conduzidos por ele próprio ou por ele orientados, conforme consta do Anexo deste RT2.

O Prof. Francisco de Assis Souza Filho, da mesma forma, ratificou a experiência de que poucos são os trabalhos desenvolvidos com enfoque no aperfeiçoamento do instrumento de gestão outorga, mas citou algumas experiências com outros instrumentos que poderão ser aplicados a esse aperfeiçoamento. Enfatizou muito que se vive num mundo de incertezas e de mudanças em todos os aspectos sociais, econômicos, atmosféricos, entre outros, e que ainda é muito cedo para se tirar conclusões se essas ocorrências de eventos críticos hídricos que vem ocorrendo em algumas regiões é resultado da mudança climática. O anexo deste RT2 apresenta mais detalhes desta entrevista.

Na oportunidade, foi possível discutir o tema ainda com o Dr. Francisco Lopes Viana, que foi Superintendente de Regulação da ANA e que tem interesse e conhecimento nesse tema, cujo resultado se encontra no Anexo deste RT2.

A entrevista com o Prof. Jerson Kelman, mesmo depois de pactuado e acertado de como se processaria, por troca de e-mails, não foi possível ser efetivada, pois nesse interim ele assumiu a presidência da SABESP numa hora bem crítica e de emergência de conhecimento do público em geral, e como se tinha prazo para entrega deste produto, fica a critério da ANA, estabelecer esse contato e ouvi-lo quando as condições assim o permitirem.

Também foram ouvidas pessoas que tem dúvidas sobre o processo de aquecimento global. No caso ouviu-se o Prof. Luís Carlos B. Molion, uma das maiores autoridades mundiais em climatologia, e Professor da Universidade Federal de Alagoas, cujo resultado está apresentado no item 16.

3. Mudanças climáticas e alocação de recursos hídricos

A alocação de água terá que se adaptar aos efeitos das mudanças climáticas, pois poderão produzir maior frequência de secas e cheias, com implicações nas atividades humanas. Entretanto, ainda não é possível quantificar os efeitos de mudanças climáticas e, portanto, o ajuste de normas e procedimentos que orientam a alocação e outorga será um grande desafio. Além disso, tal ajuste deverá considerar as novas realidades e projeções sociais, econômicas, políticas e institucionais, uma vez que se vive em um mundo em mudanças em todos os sentidos. Assim, o modelo de alocação tem que ser capaz de adaptar-se para obter resultados dentro de limites temporais e espaciais que resultem financeiramente acessíveis.

Essa adaptação requererá fortalecer a capacidade das pessoas para aprender juntas. Serão exigidas capacitação e revisão mais frequentes das novas ferramentas, como por exemplo, informar a um processo com muitas partes interessadas quanto às opções que a gestão hídrica possa apresentar em cenários diferentes utilizando sistemas de apoio às decisões. Dada as incertezas dos climas futuros em bacias específicas, os tomadores de decisão desejaram utilizar um leque de cenários para verificar a sensibilidade e a vulnerabilidades de setores específicos de todo o sistema. Isto permitirá que as partes interessadas passem por um processo de “autodescobrimento”. Certas experiências transculturais têm demonstrado que utilizar novos instrumentos com frequência resulta numa única forma das pessoas mudarem suas atitudes básicas. Utilizar instrumentos inovadores e apropriados será essencial para que as pessoas saiam de seu marco mental atual e de suas pautas de conduta para começar a participar da adaptação às mudanças climáticas. (UICN, 2003).

Foram unânimes as constatações de que a ampla participação das partes interessadas será decisiva, dado que os riscos e incertezas atribuídas às mudanças climáticas não poderão ser tratadas só pelos especialistas. O conhecimento e a competência dos profissionais da água deverão complementar-se com os pontos de vista, opiniões e conhecimento de todas as partes envolvidas e interessadas. Sem um apoio político aos esforços de adaptação, os líderes políticos e comerciais darão prioridade a outras necessidades e se absterão de tomar decisões que ajudem à sociedade em geral ao setor hídrico em particular a adaptar-se às mudanças climáticas. Ao se alterar critérios de alocação e outorga, poderá haver reações e dificuldades de implementação de medidas necessárias.

3.1. Incertezas

Muitos estudos pesquisados não deixam dúvidas de que as mudanças climáticas estão em curso; vive-se mudanças em diversas dimensões, sejam elas econômicas, sociais, urbanas, hidroclimáticas, entre outras. Esse potencial de mudanças aumenta as incertezas quanto a futuros cenários.

Ainda prevalecem grandes incertezas quanto às mudanças dos níveis de precipitação e, em menor escala, de evapotranspiração.

Como se tem que trabalhar com projeções sobre o futuro do clima, é natural que se tem que ter preocupações sobre o tratamento das incertezas, razão porque se aborda esta questão neste documento.

A dificuldade na utilização de modelos climáticos globais no âmbito regional está na desigualdade de escala entre esses modelos e os modelos hidrológicos. Os modelos climatológicos utilizam resolução espacial da ordem dezenas de quilômetros quadrados, enquanto que os modelos de gestão hídrica de vazões utilizam resolução de poucos quilômetros quadrados. Ainda que modelos hidrológicos diferentes possam produzir resultados diferentes (em termos de vazão) para um insumo dado (em termos de precipitação), as maiores incertezas quanto aos efeitos do clima sobre a vazão vêm das incertezas dos cenários das mudanças climáticas e de seus efeitos sobre a precipitação.

Os estudos pesquisados indicam que quanto mais saibamos sobre as mudanças climáticas e dos impactos sobre os recursos hídricos, tanto mais incógnitas identificaremos. O que se pode esperar é uma espécie de incerteza que aumenta com a expansão do conhecimento. O desafio que a comunidade de gestores de água enfrenta não é, pois, a adaptação das mudanças climáticas específicas, mas a adaptação às incertezas adicionais associadas aos cenários de mudança climática.

As incertezas atuais acerca de tendências e mudanças em regiões e bacias específicas requerem enfoques de gestão que incorporem um maior grau de flexibilidade.

Por exemplo, existem alguns modelos focados na previsão de vazões. Por exemplo, Pagano et al. (2009) apud Frey (2012) explicam a necessidade de atualização rápida de dados em um sistema de previsão hídrica, com frequência superior à mensal (fornecida pelo *Natural Resources Conservation Service* nos Estados Unidos, por exemplo). Esses autores introduziram uma atualização diária de oferta de água, a qual é baseada numa modelagem, com dados diários e rodados ao longo de todo o ano. Esse modelo usa regressão estatística que é baseada no equivalente de neve e na precipitação. Como esse modelo não considera operações de reservatórios, ele é mais recomendado para sistemas sem regularização.

As incertezas sobre os impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos são principalmente devido às incertezas do que vai ocorrer com a precipitação e menos das incertezas dos efeitos estufas pela emissão de gases (Döll et al., 2003; Arnell 2004), em sensibilidade do clima (Prudhomme et al., 2003)², ou nos próprios modelos hidrológicos (kaspar, 2003).

Conforme estudos pesquisados, a mudança climática está tendo um impacto significativo nas precipitações e no ciclo hidrológico, e está afetando a disponibilidade de água superficial, assim como a umidade do solo e a recarga de águas subterrâneas. Entretanto, não se tem ainda elementos para aferir a ordem de grandeza desses impactos para se poder planejar com eficiência, eficácia e efetividade.

É difícil uma tomada de decisões onde existe muita incerteza por isto é uma tarefa árdua se recomendar ações e iniciativas concretas a serem tomadas. Vários cientistas e organismos das Nações Unidas chegam a afirmar:

Se se cumprir as previsões sobre as mudanças climáticas, uma possível consequência seria um clima mais irregular no futuro, incluindo um aumento na variabilidade das precipitações

² https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/ch3s3-3-1.html

o que ameaçaria os campos de cultivo em países tanto desenvolvidos como em vias de desenvolvimento, expondo mais de 2.800.000.000 de pessoas ao risco de sofrer as consequências da escassez de água.

Por fim, os riscos relacionados à água representam 90% de todos os riscos naturais, e sua frequência e intensidade de modo geral estão aumentando, trazendo sérias consequências para o crescimento econômico.

3.2. Divergências de entendimentos

Há dúvidas sobre a relação entre eventos extremos recentemente observados e processos de mudanças climáticas. Vários cientistas têm ressaltado que ainda é prematuro se afirmar, do ponto de vista científico, que o panorama do momento atual é causado pela mudança climática. Por exemplo, no caso específico da seca severa de 2014/2015 registrada na região de São Paulo, existem opiniões bem divergentes. O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) alerta que a estiagem e a crise hídrica, de vários países, provocadas pelas mudanças climáticas, podem levar a conflitos entre as nações. Entretanto, para Augusto José Pereira Filho, professor do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo e um dos maiores especialistas do Brasil em recursos hídricos e previsões climáticas, a explicação é outra. Na opinião dele:

“Esse fenômeno é causado por fatores como a era geológica em que vivemos e o movimento atmosférico natural do planeta. Trata-se de um ciclo que tem ocorrido a cada cinco ou dez anos”

Pereira Filho afirma que ainda existem incertezas sobre o funcionamento de mecanismos climáticos e meteorológicos básicos, como o ciclo da água ou das nuvens. Nessa área, a ciência esbarra em limitações que tornam impossível afirmar que há apenas uma causa para explicar nevascas, secas ou tempestades inesperadas. São conjuntos de fatores que, unidos, trabalham para gerar as temperaturas e eventos que conhecemos. Segundo ele o aquecimento global não é o vilão da crise hídrica de São Paulo. Essa crise acontece porque as nuvens sumiram justamente na estação chuvosa de São Paulo. A região metropolitana é uma ilha de calor, isto é, mais quente do que o seu entorno por causa da poluição, concreto e asfalto. Esse fenômeno favorece as chuvas e, por isso, chove muito mais na cidade que no passado. Os anos de 2010 a 2013 estão entre os dez mais chuvosos da história de São Paulo. Por outro lado, com base na entrevista realizada, os professores Luiz Cláudio Costa, Carlos Nobre e Marengo acreditam ser já influências das mudanças climáticas.

Além disso, efeitos sobre a distribuição espacial da chuva também é importante. Embora chuvas intensas possam ocorrer sobre uma grande cidade como São Paulo, que é uma ilha de calor, é possível que não chova em bacias adjacentes, como sobre o sistema Cantareira. São regiões que passam por situações meteorológicas diferentes. O ano de 2014 não é o ano mais seco da história da cidade de São Paulo, mas o 13º no ranking. Entretanto, as vazões afluentes ao sistema Cantareira em 2014 foram muito inferiores às menores vazões já registradas.

Nas últimas seis décadas, os períodos de estiagem em São Paulo ocorreram entre 5 e 10 anos: 2014, 2003, 1999, 1984/85, 1974/75, 1969, 1963. Segundo alguns pesquisadores, esse pode ser

um fenômeno cíclico e natural. Pelos cálculos feitos com os dados da Estação Meteorológica do IAG USP, a próxima seca pode começar a partir de 2019 – e pode ser ainda mais intensa.

Se há tantas incertezas, a seca e a crise hídrica do Sudeste poderiam ter sido previstas? Segundo Pereira Filho nenhum meteorologista se atreve a fazer previsões para além de duas semanas, uma vez que o sistema atmosférico é caótico. Embora houvesse prognósticos climáticos que indicavam chuvas próximas ao normal para o início de 2014, elas ficaram abaixo da média. Períodos de estiagem em São Paulo ocorreram com frequência entre 4 e 11 anos nas últimas seis décadas. Ou seja, depois de 2014 e 2015, a próxima poderá ocorrer entre o fim desta década e meados da próxima.

Ainda segundo Pereira Filho, um levantamento com os dados da Sabesp de 2003 a 2013 que mostram que, na última década, o consumo aumentou 15% e a produção de água, apenas 11%. Assim, há a necessidade de novos investimentos em infraestrutura para atendimento à demanda nos próximos 20 anos.

3.3. Enfoques e cuidados com novos conceitos

Buscou-se identificar conceitos presentes em experiências e pesquisas internacionais, e avaliar se eles são ou poderão ser úteis ao Brasil para aprimorar sua abordagem sobre a alocação de água e a outorga.

Nesse contexto, Martins (2014) ao avaliar lacunas de conhecimentos na cenarização de mudanças climáticas no Brasil cita que em:

Uma pesquisa inicial no diretório de grupo de pesquisas do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), censo de 2010, mostra que mais de 200 grupos de pesquisas atendem à busca pelas palavras-chave “mudanças climáticas”. As áreas de conhecimento às quais pertencem esses grupos de pesquisa encontrados são diversas e perpassam estudos em ciências sociais, saúde e ciências exatas e da Terra, para citar os mais frequentes.

Mesmo assim, há ainda muitas perguntas sem respostas, como, por exemplo, as que se referem aos efeitos de mudanças climáticas sobre a alocação dos recursos hídricos para efeito de outorga do direito de uso de água.

A grande maioria dos estudos em mudança climática foca nos seus impactos. Outro grupo de investigações (com número bem inferior de estudos) refere-se a medidas de adaptação a mudanças climáticas. Em números mais tímidos, existem os estudos voltados à mitigação desses impactos (Wilby & Dessay, 2010, apud Martins 2014). No Brasil, o número de estudos é ainda menor, ficando a grande maioria dos estudos na análise das incertezas das projeções, ou, quando muito, na avaliação dos impactos, não avançando nas propostas de adaptação e muito menos as avaliando.

Um exemplo de estudo sobre impactos de mudanças climáticas em recursos hídricos é o de autoria de Hoekstra & Hung (2002), que propuseram três abordagens sobre a eficiência hídrica em diferentes cenários para os recursos hídricos disponíveis. O primeiro nível é o do usuário, onde prevalece a eficiência do uso local da água, que pode ser melhorada pela conscientização,

cobrando pelo uso, com base nos custos marginais, e pelo estímulo ao uso de tecnologia poupadora de água. O segundo, na captação, onde as escolhas acontecem sobre a eficiência de alocação de água que deve ser feita. O terceiro é o mais abrangente, que trata da eficiência global do uso da água. Em seu trabalho, eles avaliam a eficiência de alocação de água para agricultura no nível de captação.

Outros estudos abordam o conceito de mercado virtual de água nas soluções de problemas de escassez de água regional, de modo a encontrar o eficiente uso dos recursos hídricos como o de Hoekstra (2003). Esse conceito seria útil em regiões que importam alimentos, com grande dependência de regiões exportadoras dos mesmos, e onde a questão de segurança alimentar é importante. O alimento comercializado ou água comercializada entre localidades precisa ser balanceada considerando-se a eficiência econômica da bacia como um todo e o equitativo uso da água entre os locais de uma bacia. Por isso, o conceito de comercialização da água virtual vem ganhando corpo no meio de muitos profissionais, tanto técnicos como da área acadêmica ou de pesquisa. Contudo, tem-se que tomar muito cuidado, pois da forma como está conceituado e vem sendo aplicado traz sérias distorções na interpretação do que realmente se está comercializando de água no produto.

Por exemplo, uma coisa é a retirada de água de um manancial, outra coisa é a umidade contida no produto final efetivamente comercializado. Numa lavoura de milho, pode-se usar, dependendo da região, do clima, do solo, entre outros fatores, até 12.000 m³/ha. No conceito de vários autores, para um rendimento de 10 ton/ha, isso equivaleria a uma água virtual de 1200 m³/ton, ou seja, 1,2 m³/kg de milho produzido nessas condições. Entretanto, esse conceito distorce a realidade, pois a maior parte dessa água retorna ao ciclo hidrológico local, sendo que a quantidade de água que sai da fazenda propriamente dita é embutida no milho com uma umidade em torno de 12%, ou seja, em cada tonelada, só 120 kg ou 120 litros de água é que sai da área produzida e vai para comercialização; portanto, esta deveria ser a água virtual, e não os 1,2 m³/kg.

Não se tem dúvidas de que a agricultura deve trabalhar para incorporar a inovação tecnológica que busque reduzir a demanda de água e melhorar a eficiência de seu uso, utilizando-se culturas mais resistentes à seca. Os pesquisadores do Instituto Agrônomo de Campinas já estão desenvolvendo plantas de feijão mais resistentes ao déficit hídrico, capazes de se desenvolverem com volume de água até 30% menor que o usual. A expectativa é que as novas variedades de feijão estejam no mercado em cinco anos³.

Tem-se que ter muito cuidado para não se embarcar nesses novos conceitos que distorcem uma realidade e pode comprometer todo um setor usuário essencial à sobrevivência da humanidade.

3.4. Novos conceitos que precisam ser analisados e incorporados aos planos de recursos hídricos

Com esse panorama de incertezas, existem conceitos que ainda não têm sido sistematicamente utilizados nos estudos de planos de bacias e de recursos hídricos. Tais conceitos precisam ser

³ <http://www.iac.sp.gov.br/noticiasdetalhes.php?id=951>

avaliados quanto as suas reais utilidades na avaliação dos impactos e efeitos das mudanças climáticas nas vazões dos cursos de água. Destaca-se aqui, a elasticidade das vazões.

O conceito de elasticidade da vazão em função das mudanças na precipitação é uma alternativa para mensuração da vulnerabilidade de uma bacia às mudanças climáticas (e.g. Fu et al, 2007; Chew, 2006) apud Adam, 2011).

A elasticidade hidrológica ou sensibilidade de vazões é definida como a alteração proporcional da vazão resultante de uma alteração da precipitação, conforme expressa a equação abaixo. A importância dessa relação está na identificação do efeito nas vazões dos cursos de água decorrente da alteração que ocorre na chuva. A sensibilidade da vazão depende das características da bacia hidrográfica.

$$S = (\Delta Q/Q)/(\Delta P/P)$$

onde:

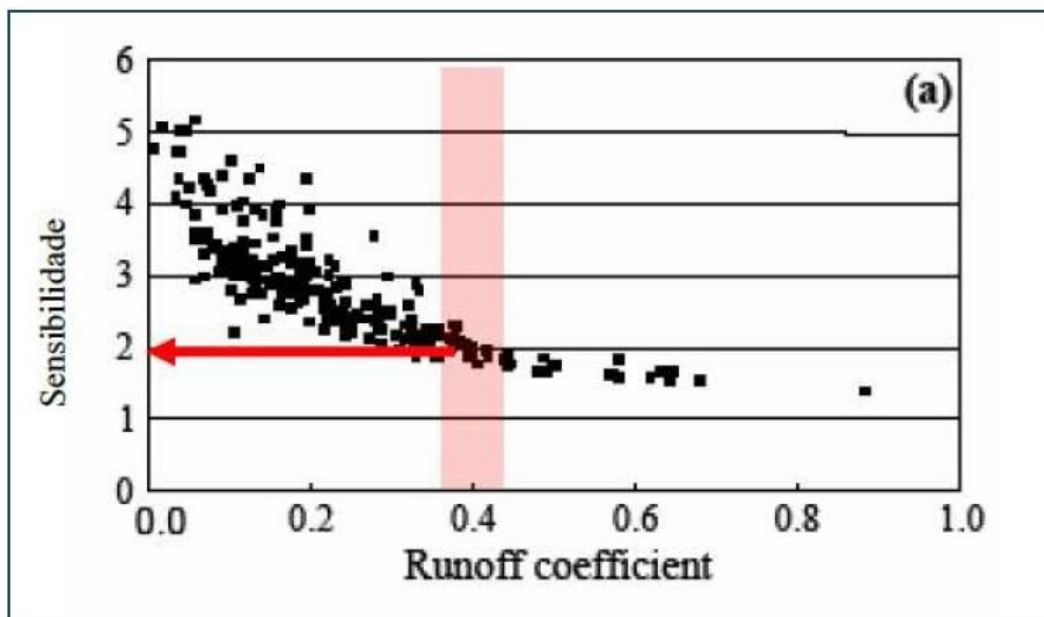
Q é a vazão média

ΔQ é a variação da vazão dada pela diferença entre a vazão perturbada por alterações na precipitação (Q') e a vazão média na bacia hidrográfica ($\Delta Q = Q' - Q$)

P é a precipitação média da bacia hidrográfica

ΔP é a variação da precipitação dada pela diferença entre a precipitação perturbada (P') e a precipitação média da bacia hidrográfica ($\Delta P = P' - P$)

Na Figura 1 estão mostrados os dados referentes à bacia do rio Taquari no Estado do Rio Grande do Sul, que apresentam sensibilidade S igual a 2, para coeficiente de escoamento 0,4. Isto quer dizer que para um coeficiente de escoamento de 0,4 o efeito de uma mudança na precipitação é alterado em razão de 2 ($S = 2$), ou seja para acréscimo ou decréscimo de 1% na precipitação média tem-se um acréscimo ou decréscimo de 2% na vazão média da bacia. Em um outro exemplo no Rio Grande do Sul, na bacia hidrográfica do Quaraí, Paiva e Colischonn (2010) constataram que a cada acréscimo ou decréscimo de 1% na precipitação média tem-se um acréscimo ou decréscimo de 1,85% na vazão média dessa bacia.



Fonte: Chiew (2006) apud Adam (2011)

Figura 1. Estimativa da elasticidade de vazões na Austrália, com ordem de grandeza dos coeficientes de escoamento no Sul do Brasil.

Segundo Tucci (2009) apud Adam (2011) a elasticidade de vazão é um conceito pouco conhecido em hidrologia. Praticamente não existem informações ou pesquisas sobre este assunto na literatura. No entanto pode ser um tema de pesquisa interessante para se desenvolvido no Brasil.

3.5. Indicadores podem auxiliar nos instrumentos de outorga e alocação de água

Tendo em vista a dificuldade de se encontrar experiências concretas de aprimoramento de sistemas de alocação e outorga, buscou-se conhecer indicadores que estão sendo utilizados ou sendo estudados para orientar a aplicação desses instrumentos de gestão dos recursos hídricos. O primeiro indicador encontrado foi o Índice de Severidade de Seca de Palmer – PDSI⁴ (sigla em inglês), que está sendo utilizado no Estado de Maine, nos Estados Unidos (Gupta, A.S., 2007). Quando $PDSI \leq -2$, o uso humano é priorizado em detrimento dos demais usos da água.

Os indicadores de comportamentos climáticos de longo prazo (tais como: anéis de árvore, os dados do núcleo do gelo, os registros de sedimentos) são uma ferramenta potencial para aperfeiçoar os sistemas de alocação de água. Esses indicadores foram usados para avaliação do risco de seca em doze diferentes pontos de controle de vazão no Estado do Maine, nos Estados Unidos. Esses indicadores foram usados para avaliar A vulnerabilidade dos padrões de vazão pode ser associada ao calendário de demanda de água e tomada de decisão do usuário. Essa avaliação da vulnerabilidade é o ponto de partida de um processo interativo que tem por

⁴ Palmer Drought Severity Index

objetivo avaliar as necessidades e vulnerabilidades existentes, para planejamento e tomada de decisão quanto ao uso do recurso hídrico.

Nesse processo interativo, a comunicação com grupos de usuários sobre os desafios de gestão de recursos associadas a mudanças nos padrões de vazão oferece uma oportunidade para a troca de informações, que aumenta a capacidade coletiva de formular e alcançar objetivos de gestão e planejamento de recursos sustentáveis.

Os impactos sobre os recursos hídricos da região foram examinados utilizando dados de séries de vazão naturais e não estacionários. As mudanças foram caracterizadas dentro de uma perspectiva de arcabouço regulatório vigente para os recursos hídricos utilizando dados estatísticos existentes bem como da perspectiva ecológica, utilizando-se o indicador de alteração hidrológica IHA⁵ (Gupta, 2007) associado ao calendário do ciclo da vida ecológico.

Assim, esta é uma abordagem sobre as mudanças nos índices hidrológicos vinculados aos serviços do ecossistema. Usando-se índices ecológicos, como o IHA, é possível sintetizar o regime de vazão de uma maneira biologicamente relevante.

Além disso, foi estabelecido um engajamento colaborativo de pesquisa para avaliar as mudanças hidro climáticas dentro da perspectiva de uso sustentável dos recursos hídricos.

Essa abordagem também tem sido feita no Oeste dos Estados Unidos (Kim, J. and Shaleen, J. 2010).

3.6. Índice de Harmonia Humano/Água

Tem sido necessário, no processo de gestão dos recursos hídricos, deixar bem claro que o indicador tem que ser assimilado tanto pelo gestor como os usuários dos recursos hídricos. Para que seja racional, o indicador deve levar em conta o equilíbrio e a harmonia de vários aspectos, muitas vezes conflitantes, tais como econômicos, sociais, ambientais dentre outros.

Existem alguns profissionais trabalhando com alguns índices que são capazes de apontar os fatores fracos, priorizar as necessidades de investimentos, de modo a melhorar as estratégias e políticas relacionadas com a água para ajudar a construir uma relação humana e água harmoniosa, o qual poderá ser uma ferramenta útil ajudar na orientação da alocação de água e concessão de outorga do direito de uso de água.

O sistema hídrico e a civilização humana não são apenas componentes de um sistema integral, mas eles são mutuamente dependentes e interagem em equilíbrio dinâmico. O desafio está sempre em assegurar água disponível no lugar certo e no tempo certo tanto para os humanos como para o ecossistema. Além disso, a escolha de indicadores precisa considerar dois aspectos: a escala que se vai trabalhar e a disponibilidade de dados.

Segundo Ding et al. 2014, o índice de harmonia água-humano – HWHI⁶ (sigla em inglês) está fundamentado no conceito de harmonia e oferece uma abordagem mais holística. Esse índice

⁵ Indicators of Hydrologic Alteration

⁶ Human-Water Harmony Index

utiliza 27 indicadores de três dimensões (desenvolvimento, coordenação e satisfação) e foi aplicado em cinco importantes cidades da China (Pequim, Shanghai, Guangzhou, Xi'e Nanjing). Os resultados mostraram o grau de desarmonia na relação água-humano e as fraquezas de cada cidade, categorizadas em diferentes tipos de acordo com a dimensão da magnitude do índice. A estrutura provê uma linguagem baseada no sistema de pensamento e introduz o uso de indicadores subjetivos, bem como as expectativas de desenvolvimento e grau de coordenação do sistema água-humano. O HWHI torna possível identificar os fatores frágeis e priorizar as necessidades de investimentos, bem como a melhoria das estratégias relacionadas à água e políticas para ajudar a construir uma harmoniosa relação humano-água. Essa abordagem tem o potencial para aplicação em outras áreas e escalas para monitoramento e comparações de propósitos, e permite comparações ao longo de tempo.

4. Aspectos legais na gestão dos recursos hídricos e as mudanças climáticas

Segundo Tarlock (2000) o regime de uso de água é o primeiro candidato para adaptação às mudanças climáticas por quatro razões. A primeira é por que efeitos projetados por ser substancial e dramático, mas eles serão distribuídos desigualmente. Os efeitos previstos poderão ser positivos ou negativos, dependendo da localização da bacia. Assim, existe a necessidade de respostas locais e regionais bem variáveis em vez de uma resposta global, tal como a taxa de carbono ou direito de emissão comercializável. Segundo esses efeitos, os quais já podem estar ocorrendo, materializarão antes que a mitigação se torne efetiva, se fizer mitigação, de fato, sempre tornar-se efetiva. Terceiro, a gestão do regime da água tem certa capacidade de ajustar aos impactos adversos previstos, e as adaptações serão menos custosas do que o todo o efeito da emissão dos gases de efeito estufa. E, quarto, o ecossistema aquático pode tolerar algum nível de estresse por longo período e ainda apresentar condições para sua restauração.

Este trabalho de Tarlock (2000) foi levado em consideração porque avalia que os impactos hidrológicos adversos das mudanças climáticas exigirão a presença de uma razoável e bem desenvolvida abordagem legal do regime do direito de águas na bacia afetada, e que o regime precisa ser apoiado pelas adaptações das instituições públicas e privadas. O regime de direitos de água é uma condição necessária, mas sozinho, é insuficiente para permitir ajustes equitativos e para superar as ineficiências de uso da água. Entretanto, o direito de águas pode ajudar a conduzir a necessária alocação de água, de modo a permitir aos usuários compartilhar riscos de mudança na disponibilidade hídrica de forma confiante e eficiente.

Por outro lado, o direito de águas, historicamente, não tem desempenhado um efetivo papel na conservação do ecossistema, porque raramente tem este objetivo específico. Contudo, é necessário que a gestão de recursos hídricos inclua a manutenção dos fluxos ambientais, além da acomodação da demanda hídrica presente e futura, tanto para uso consuntivo como não consuntivo.

Tarlock (2000) ao analisar vários acordos internacionais de águas compartilhadas, como o rio Nilo e Colorado, concluiu que o desenvolvimento de estratégias de adaptação relacionadas à água ainda terá que esperar que a ciência forneça um melhor entendimento das relações entre

as mudanças climáticas e as variações hidrológicas em escalas de interesse para a gestão de recursos hídricos. A alocação baseada no direito de águas tem algum potencial para se adaptar às mudanças climáticas, desde que seja suplementada pelas adaptações das instituições de gestão de recursos hídricos, incluindo as envolvidas na proteção de ecossistemas vulneráveis.

Pode se dizer que o direito internacional da água é ainda incipiente em relação à proteção dos ecossistemas. Antes que eles possam ser a base de adaptação à mudança climática global, regimes de alocação existentes devem ser modificados para permitir respostas mais flexíveis às novas condições. Novos regimes de alocação de água podem ser criados no âmbito da Convenção das Nações Unidas sobre o uso dos cursos de água. Estes novos regimes têm de fornecer regimes de partilha, incluindo os mercados de água, que permitam a adaptação às novas condições. Eles também devem prever a manutenção de vazões mínimas para garantir a prestação dos serviços aos ecossistemas em face aos possíveis efeitos da mudança climática global.

5. Processos de gestão participativa - mudanças de paradigmas

Sankarasubramanian et al (2009) ressaltam que as previsões probabilísticas e sazonais de vazões interanuais estão sendo aperfeiçoadas cada vez mais, a partir da capacidade de modelagem de tele conexões climáticas. No entanto, os gestores de recursos hídricos têm sido lentos em adotar tais instrumentos, em razão de preocupações com a qualidade das projeções. A gestão de risco pode ser incorporada à alocação de água, de modo a se prever regras de uso da água associadas à previsão probabilística. .

Nesse ponto, um processo participativo de alocação de água pode efetivamente usar previsões probabilísticas como parte de uma estratégia adaptativa de gestão. Os usuários manifestam suas demandas de água por intermédio de declarações que definem a quantidade de água necessária (com certa credibilidade), a distribuição temporal da alocação, o preço que se deseja pagar pela água, e a compensação esperada em caso de descumprimento do contrato. O gestor dos recursos hídricos avalia a viabilidade de atendimento à alocação pretendida, utilizando as previsões probabilísticas, buscando encontrar o critério que atenda a todos os usuários. Um processo interativo entre os usuários e o gestor da água pode ser utilizado para formalizar um conjunto de contratos de curto prazo, que representa o resultado da estratégia de priorização dos usos da água, no período contemplado pela previsão. Assim, a gestão integrada da disponibilidade e demanda pode ser alcançada. Esse modelo conceitual de alocação proposto por Sankarasubramanian et al (2009) foi estudado utilizando-se dados do Sistema Hídrico Metropolitano do Jaguaribe no Ceará. O desempenho desse modelo de alocação de água foi avaliado em comparação ao modelo que é atualmente praticado. Foram estudados, também, os papéis relativos das habilidades de previsão e reservação nesse sistema no desempenho do modelo de alocação de água.

Concluindo, os resultados sugerem que as previsões de vazão com base nas informações climáticas têm grande utilidade em sistemas com múltiplos usos e no processo de alocação de água, bem como nos sistemas que têm muito baixa relação de armazenamento e demanda.

6. Disputas pelo uso da água em rios compartilhados

Esta é uma questão que pode dar algum indicativo de como aperfeiçoar processos de alocação e outorga do direito de uso da água num cenário de incertezas, principalmente em face dos impactos das mudanças climáticas.

Ansink & Ruijs (2008) analisaram os efeitos das mudanças climáticas sobre a estabilidade dos acordos de alocação de água. O preciso efeito sobre a estabilidade depende de: i) as características da bacia hidrográfica – seu regime hidrológico e os efeitos das mudanças climáticas sobre a vazão do rio; e 2) as características dos acordos, em particular as regras de compartilhamento, o tipo de transferência da água, as características dos países, os benefícios econômicos envolvidos e a distribuição do poder político. Os resultados mostram que estabilidade decresce quando a água se torna escassa, e o resultado é mais relevante em regiões áridas. Isto é menos relevante em regiões úmidas e não relevante para regiões enfrentando (somente) questões de qualidade de água: o impacto das mudanças climáticas sobre a qualidade de água é muito complicado em termos hidrológicos para ser capturado num simples modelo como o aplicado por eles.

Eles analisaram acordos sobre a alocação da água do rio entre países vizinhos. Além de serem eficientes, os acordos de alocação da água precisam ser estáveis, a fim de proporcionar o aumento da eficiência do uso da água. Nesse trabalho, avaliaram a estabilidade dos acordos de alocação compartilhada de água, utilizando um modelo de teoria dos jogos. Consideraram os efeitos da mudança climática e da escolha de uma regra de partilha sobre a estabilidade. Os resultados mostraram que a diminuição na vazão média do rio reduz a estabilidade de um acordo, enquanto que um aumento da variância pode ter um efeito positivo ou um efeito negativo sobre essa estabilidade. Um acordo em que uma quantidade fixa de água é alocada ao país a jusante tem a menor estabilidade, em relação a outras regras de compartilhamento.

Não existe padrão de acordo de alocação de água: devido a razões históricas, hidro geográfica, econômica e política, os modelos de acordo institucionais mostram uma vasta variedade.

Em princípio, um país a montante pode usar qualquer água disponível sempre que quiser sem considerar as necessidades de água a jusante. A história tem mostrado, de fato, que países a montante têm agido desta forma. Um exemplo famoso se refere à construção da barragem Farakka na bacia do rio Ganges, na Índia.

São vários os exemplos que mostram que em última instância o país a montante tem o poder sobre os recursos hídricos compartilhados. Os direitos da água são especificados num acordo de alocação de água, não sendo imposto por um país a jusante. Entretanto, inexistente autoridade superior para cumprimento desses acordos. Disputas têm sido geridas por Conselhos Consultivos ou com participação das Nações Unidas, mas assim mesmo de forma tênue. As disputas tendem a aumentar com os efeitos das mudanças climáticas.

Por isso Ansink e Ruijs (2008) desenvolveram um modelo de cooperação entre dois países que compartilham um rio. Os efeitos das mudanças climáticas sobre a vazão do rio estão contemplados no modelo a partir da perturbação da função de densidade da probabilidade de ocorrência de vazões.

Essa análise contemplou três condições: alocação proporcional, alocação fixada para montante e alocação fixada para jusante.

Foi analisada a estabilidade da cooperação utilizando um jogo repetido infinitamente – uma abordagem comum na análise nos ambientes de acordos internacional, porque os acordos de alocação de água não trazem data especificada de término.

No estudo, o comportamento dos países é modelado utilizando-se estratégias de gatilhos: quando um país não cumpre as regras estabelecidas, abre-se um período de não cooperação, após o qual o país retorna ao jogo cooperativo (de acordo com as estratégias de acordo). O tipo de punição utilizada é diferente das penalidades pecuniárias, como as usadas nas cooperações entre os Estados dos Estados Unidos (Bennet and Hower – 1998 apud Ansink and Ruijs, 2008). Como não existe uma autoridade para aplicar tais penalidades, essa questão não foi contemplada no modelo analisado. Entretanto, o modelo analisado contemplou incentivos para o país que cumprir o acordo.

A estabilidade de um acordo de alocação de água depende das regras de partilha acordada. Ela é maior para alocação fixada a montante do que para alocação proporcional e menor para alocação fixada a jusante.

Em adição a distribuição de probabilidade de vazão do rio e as regras de partilha da água, há três outros fatores que afetam a estabilidade da cooperação. A estabilidade da cooperação é maior se os valores absolutos das punições forem mais altos e os valores dos benefícios de um usuário da água de montante são baixos, em relação aos benefícios dos de jusante. Se o poder político dos de montante for maior que o poder dos a jusante, a estabilidade é maior para transferências constantes, mas menores para transferências flexíveis.

O Brasil como um país de dimensões continentais e federativo enfrenta esse mesmo tipo de situação.

7. Adaptação

Adaptação às mudanças climáticas é um novo conceito que deve ser assimilado pelos setores usuários de água que sofrem seus impactos ou efeitos. É preciso antecipar e agir preventivamente, pois os esforços de mitigação das mudanças climáticas não evitarão que seus impactos das mudanças climáticas afetem todos os segmentos da sociedade. Portanto, é necessário preparação desde já para se lidar com o novo cenário global do clima.

Dos contatos e entrevistas mantidos durante o desenvolvimento deste trabalho este procedimento já está em curso no país em alguns setores usuários da água, ainda de forma incipiente.

A preparação para enfrentar os efeitos e impactos dos efeitos das mudanças climáticas exige providências antecipadas e bem planejadas num contexto de incertezas e riscos, mas esse processo de adaptação já está em curso em vários países inclusive no Brasil (Margulis & Unterstell, 2014), ainda que timidamente.

O Grupo de Trabalho (GT) Adaptação e Água, formado por uma rede de órgãos envolvidos com esse tema, é responsável por fornecer subsídios técnicos e orientar o debate sobre o assunto, com o objetivo de contribuir para a formulação do Plano Nacional de Adaptação, no âmbito do Plano Nacional sobre Mudança do Clima. Esse GT tem estudado o incremento da demanda hídrica dos diversos setores (saneamento, agricultura, e energia), sobretudo devido ao crescimento demográfico e a ascensão social. Como a água é essencial para o desenvolvimento desses setores usuários de recursos hídricos, e devido aos impactos potenciais das mudanças climáticas, exige que o processo de adaptação seja antecipado, ainda que existam incertezas quanto aos impactos das mudanças climáticas.

Segundo o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (2013)⁷

“uma das maiores dificuldades é que, para se identificar medidas de adaptação, é preciso que se tenha antes um cenário contra factual – neste caso, sem as mudanças do clima. Isto demanda que se projete o que deverá ser o Brasil em 2040, por exemplo, sem as mudanças do clima, e em cima desta projeção que se analisem os impactos e as medidas de adaptação cabíveis em 2040 – e não no Brasil de hoje! Outra dificuldade é definir exatamente até que ponto deseja-se adaptar. Até restituir as condições existentes sem as mudanças do clima? Ou implantar projetos que sejam simplesmente economicamente viáveis e conviver com algum tipo de perda?”

Tem-se recomendado que, para se adaptar às mudanças do clima, é preciso saber o que poderia ser feito sem levar em consideração as mudanças do clima – o cenário tendencial – e, posteriormente, projetar como será o futuro com as mudanças climáticas, de modo a propiciar o planejamento e a tomada de decisão quanto a esse cenário diferenciado do cenário tendencial. Estas diferenças de ações consistirão nas medidas de adaptação, aspecto fundamental que as distinguirão de outras ações, relacionadas aos investimentos esperados do desenvolvimento "natural" do país. Margulis & Unterstell (2010) exemplifica

se em 2040 as projeções climáticas sugerissem a necessidade de construção de um dique de contenção que não seria necessário em 2040 no cenário tendencial, o dique passa a ser uma medida de adaptação. Por outro lado, se este dique fosse projetado de qualquer forma para 2040 no cenário tendencial, então este dique não seria uma medida de adaptação.

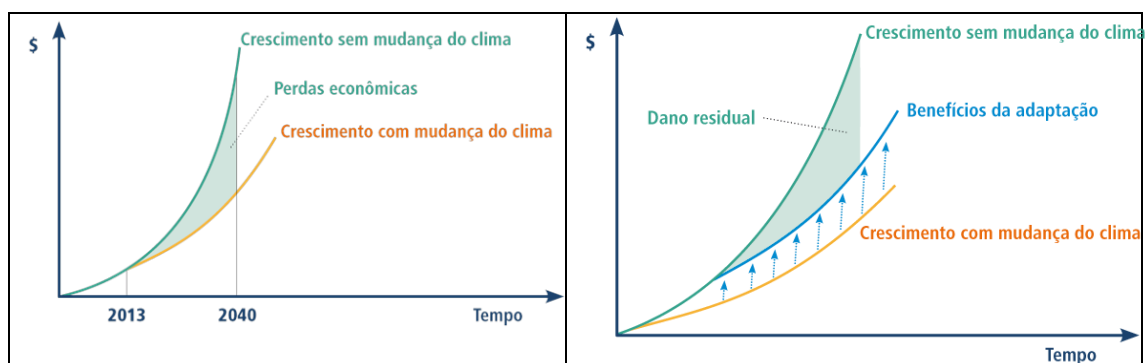
A implicação disto é que todo trabalho de identificação de medidas de adaptação não se dá em relação ao presente, e sim, ao futuro.

O nível de adaptação desejado não é absolutamente claro e deve ser definido por critérios: sociais, políticos e econômicos claros e pré-estabelecidos. Cada um desses critérios isolada e em conjunto deve ser aplicado consistentemente em todas as análises setoriais e definirá em cada caso o nível desejado de adaptação.

Uma das grandes dificuldades para se recomendar medidas de adaptação está em conseguir se estabelecer os impactos econômicos, quais seriam as consequências e efetivas perdas, e quais são as medidas mais eficientes, eficazes e com efetividade, que tragam de fato benefícios superiores aos investimentos a serem feitos. A Figura 2 mostra teoricamente os horizontes em

⁷ <http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/pt/noticias/187-painel-brasileiro-de-mudancas-climaticas-lanca-site>

que as decisões precisam ser tomadas sobre a ótica dos impactos e efeitos das mudanças climáticas.



Fonte: Margulis & Unterstell, SAE/PR (2014).

Figura 2. Simulação do crescimento com e sem mudança climática e em qual limite é recomendável investir para adaptação aos seus efeitos e impactos

O estudo, denominado “Brasil 2040: cenários e alternativas de adaptação à mudança do clima” (Margulis & Unterstell, 2014) parte de uma lógica simples e intuitiva, consistindo de quatro etapas. O primeiro passo evidente é ter um conjunto de cenários climáticos previstos para o Brasil no horizonte de planejamento, no caso, 2040. A fim de se obter cenários mais confiáveis em escalas espacial e temporal, mais detalhadas, o Centro de Previsão do tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) vem trabalhando com modelos regionalizados para o Brasil, com boa expectativa que logo esses modelos estarão disponíveis para os interessados e planejadores.

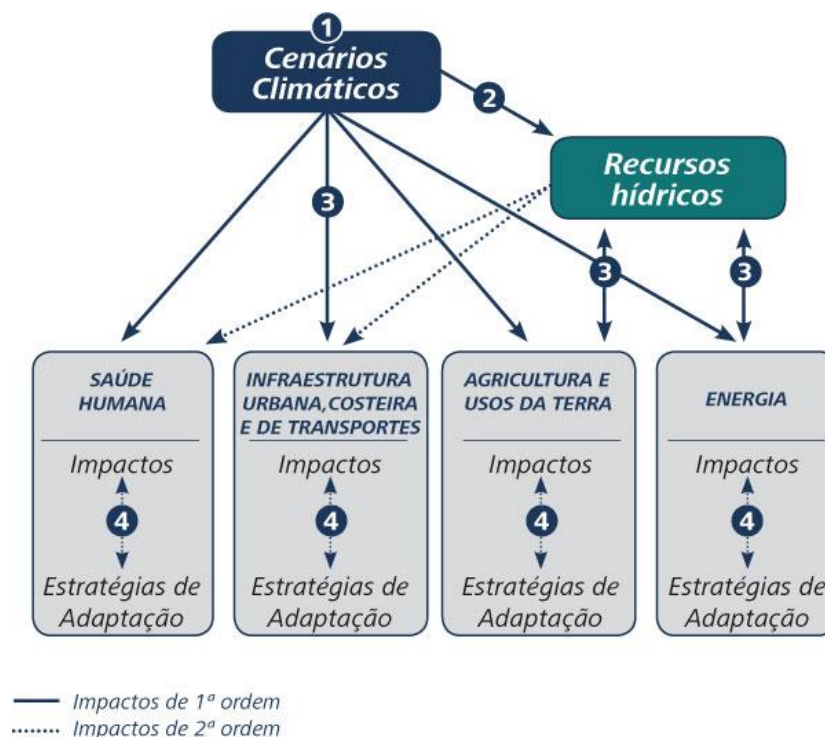
A segunda etapa consiste na identificação e medição dos impactos de cada um dos cenários climáticos sobre os recursos hídricos. Isto é imperioso porque a quase totalidade dos setores econômicos e recursos naturais são impactados não apenas por variações de temperatura, mas principalmente por variações nas disponibilidades de recursos hídricos.

A partir das variações climáticas e também das disponibilidades de recursos hídricos, a terceira etapa consiste em analisar os impactos sobre a população, sobre os recursos naturais e sobre os setores econômicos. Isto será feito relacionando variações das principais variáveis climáticas – temperatura, pluviosidade e disponibilidade hídrica – com a produção dos setores econômicos, com as infraestruturas existentes, com a saúde das pessoas, etc.

Finalmente, a partir da identificação dos impactos esperados, a quarta etapa consiste na identificação de medidas de adaptação. Estas medidas envolvem infraestruturas caras (tipicamente barragens para armazenar água, ou construção de diques em zonas costeiras), mas também medidas simples, como sistemas de alerta de riscos, mudanças de práticas agrícolas, organização de grupos sociais, etc.

Em termos de apoio às políticas públicas, o objetivo primário é alimentar processos relevantes no âmbito da Política Nacional sobre Mudança do Clima, e em particular o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima – que deverá ser elaborado em 2015 no âmbito do governo federal, o que certamente gerará impactos na gestão dos recursos hídricos e nas bacias hidrográficas.

A Figura 3 ilustra a estrutura e integração dos componentes do “Brasil 2040: cenários de adaptação às mudanças do clima”, onde se observa os recursos hídricos como questão estratégica que interage com todos os segmentos usuários.



Fonte: Margulis & Unterstell, SAE/PR (2014).

Figura 3. Modelo do estudo “Brasil 2040: cenários e alternativas para adaptação à mudança do clima”.

Marengo (2008) tem registrado que no passado, a maior preocupação dos governos federal e estadual sobre o gerenciamento no uso da água era como satisfazer as demandas de uma população cada vez maior, e como enfrentar o problema de secas ou enchentes. Recentemente, a mudança climática tem sido observada como possível causa de problemas que podem afetar a variabilidade e a disponibilidade na qualidade e quantidade da água.

Ainda não se tem uma noção clara e certa sobre os possíveis impactos da mudança do clima na distribuição espacial e temporal da água no país e nas suas regiões hidrográficas. As incertezas ainda representam obstáculos para o planejamento operacional e gerenciamento da água. Isto não quer dizer que não se deve tomar alguma providência desde já.

Segundo Ferraz (1996) a ideia de que a água seja um recurso renovável, tem sido aperfeiçoada pela percepção, cada vez mais generalizada, que o modelo atual de desenvolvimento da economia, a degradação do meio ambiente e as políticas associadas à água a nível mundial, tem aproximado a sua disponibilidade ao limite imposto pela natureza. O desequilíbrio entre oferta e demanda de água são resultantes da poluição doméstica, industrial e agrícola, das atividades antrópicas, e das mudanças climáticas. Com o objetivo de compatibilizar a oferta e a demanda hídrica, Ferraz (1996) buscou contribuir para o aprimoramento da metodologia utilizada no estabelecimento da outorga de direito ao uso da água em bacias hidrográficas. A partir da definição e utilização dos sistemas de apoio à decisão (SAD), formado por um modelo

matemático, um sistema de informações geográficas (SIG) e um sistema especialista (SE), Ferraz (1996) propõe um modelo decisório específico para dar suporte ao gerenciamento e planejamento integrado dos recursos hídricos, bem como à outorga de direito de uso da em uma bacia hidrográfica. Já existe uma experiência na área formada pela bacia hidrográfica do rio Corumbataí e trecho do rio Piracicaba, afluente do rio Tietê, localizado na região leste do estado de São Paulo, tendo sido considerada relevante para a avaliação da metodologia.

Com base nas referências estudadas, o sistema de outorgas pode induzir a implementação de medidas de adaptação às mudanças climáticas, notadamente medidas não estruturais. Primeiro, na fase de planejamento da alocação de água, os limites de usos consuntivos e as vazões de referência para outorga podem ser estabelecidos ou sinalizados em função de cenários de mudanças climáticas. Alternativamente (ou paralelamente), esses limites e vazões de referência podem ser periodicamente alterados em função de reavaliações da disponibilidade hídrica e eventuais efeitos de mudanças climáticas sobre suas estatísticas. Os custos de eventuais medidas de adaptação e os riscos associados a cenários de mudanças climáticas podem ser considerados no processo de planejamento desses limites de alocação de água. Segundo, na operacionalização do sistema de outorga, pode-se exigir que os usuários de água implementem as ações necessárias à adaptação a eventuais reduções dos limites de alocação de água, por meio de incrementos na eficiência no uso da água ou da execução de planos de contingência quando da ocorrência de eventos hidrológicos críticos (secas mais severas dos que as observadas). Esses elementos (planos para aumento da eficiência e planos de contingência) podem ser requisitos para obtenção da outorga para determinados usuários.

8. Disponibilidade hídrica em função de mudanças climáticas na construção de cenários – Q_{95} , Q_{90} e Q_{MLP}

Alguns estudos avaliaram as amplitudes das variações das vazões de referência usadas em processos de outorga (Q_{95} , Q_{90} e Q_{MLP}), decorrentes de cenários de mudanças climáticas produzidos por modelos de circulação geral, pesquisou-se alguns estudos que tinham contemplado as vazões Q_{95} , Q_{90} e Q_{MLP} o mais próximo possível de nossa realidade. Um desses estudos publicado por Adam (2011) é reportado a seguir.

Esse estudo se inicia na construção de cenários de mudanças climáticas.

As alterações climáticas previstas pelos GCMs, caracterizadas em função da emissão de gases e o aumento do efeito estufa, se reflete na modificação de variáveis representativas do clima tais como precipitação, temperatura, umidade do ar, vento, radiação entre outras, as quais influenciam o comportamento hídrico de uma região, com significativos impactos sobre o regime hidrológico, tais como o aumento de cheias, secas, erosão, deterioração da qualidade da água e diversidades dos ecossistemas. Tais impactos certamente levarão a conflitos pelo uso da água, bem como dificultarão sua gestão.

Em uma bacia hidrográfica é preciso avaliar como as alterações na precipitação e temperatura que podem afetar o regime dos corpos de água, uma vez que a primeira está diretamente relacionada com o escoamento da bacia e a segunda com a evapotranspiração e o balanço hídrico.

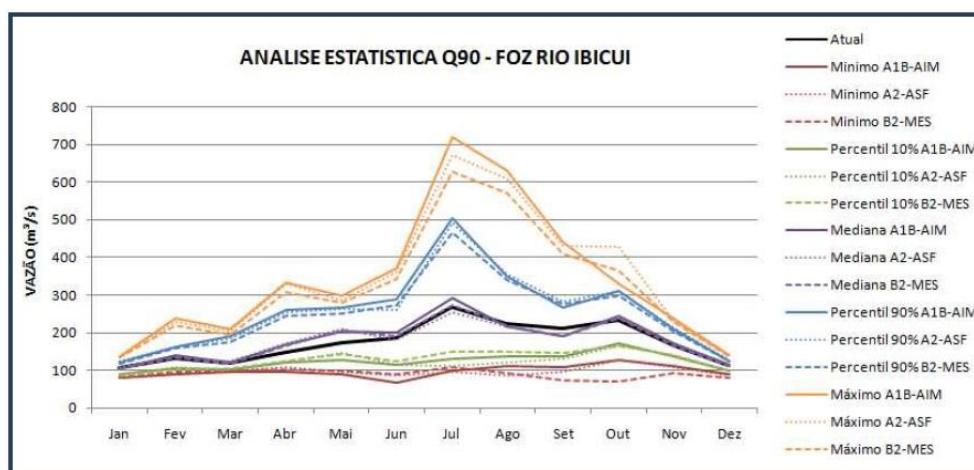
Desta forma, o estudo descreve a avaliação dos possíveis impactos no regime de precipitação e vazão na bacia hidrográfica do rio Ibicuí devido a mudanças climáticas. Primeiro, são produzidos cenários de mudanças climáticas pelo gerador de cenários MAGICC/SCENGEN⁸. Depois, esses cenários são usados como dados de entrada em um modelo hidrológico (MGB-IPH). As séries temporais observadas de precipitação e temperatura são perturbadas (adição das anomalias previstas pelo gerador de cenários), mantendo-se sem perturbação as séries observadas das demais variáveis climáticas (umidade relativa, insolação, velocidade do vento). As séries de vazão obtidas são então comparadas com as séries atuais (simuladas com dados de precipitação e temperatura observadas, ou seja, série original sem adição de anomalias). Assim, são realizadas análises de sensibilidade baseadas em mudanças hipotéticas de precipitação foram realizadas a fim de mensurar o impacto de mudanças climáticas no rio Ibicuí (Adam, 2011).

O MGB-IPH foi utilizado em duas etapas: inicialmente, o modelo foi usado para a simulação hidrológica dessa bacia com séries de climatologia e vazão observadas (extraídas do banco de dados Hidroweb/ANA), a fim de calibrar o modelo para a área analisada; em seguida, o modelo foi aplicado tendo como dados de entrada as séries de precipitação e temperatura perturbadas, para análise dos impactos das mudanças climáticas. Neste caso, manteve-se as séries observadas das demais variáveis climáticas, tais como umidade relativa, insolação, velocidade do vento e pressão.

Essa análise foi feita para 20 modelos climáticos e seus respectivos cenários de mudanças climáticas. Assim, foi gerado um conjunto de 20 séries de vazões, usado para derivar estatísticas de vazões de referência. Adam (2011) estimou a média das vazões Q_{90} , Q_{95} , (representando as vazões mínimas) e da vazão média de longo prazo Q_{MLP} , tanto para as séries atuais (dados observados) quanto para as séries de vazões futuras (séries obtidas através de anomalias de temperatura e precipitação) em cada um dos seis pontos analisados na bacia, a fim de obter uma comparação entre as séries de vazões atuais e futuras.

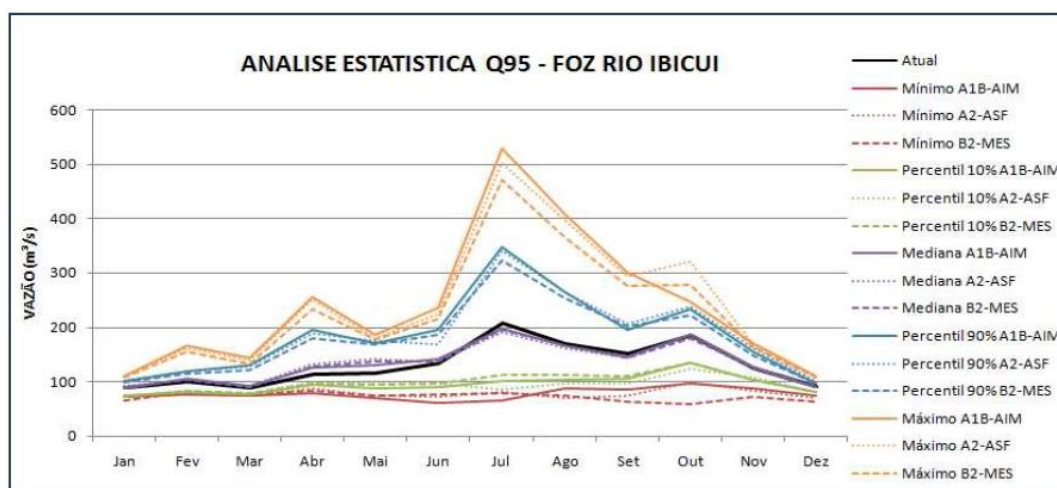
Além disso, cada ponto da bacia foi analisado separadamente a partir do conjunto dos resultados dos 20 modelos climáticos globais nos diferentes cenários, extraindo-se estatísticas das vazões de referência, como a mediana, o desvio padrão, a mínima, a máxima, e os percentis 10% e 90%. A título de exemplo, as Figuras 4 a 6 mostram os resultados para Q_{90} , Q_{95} e Q_{MLP} na foz do rio Ibicuí nos três cenários de mudanças climáticas, onde foram constatadas as grandes variações de amplitude ao longo do ano, observando-se que os modelos se comportam por grupos similares, tendo uns que se mostram grupos bem diferenciados.

⁸ São dois programas interativos de fácil utilização que permite investigar futuras mudanças climáticas e suas incertezas tanto global como regional. O MAGICC calcula em nível da média global, usando os mesmos insumos do modelo climática utilizado pelo Painel Internacional de Mudança Climática, cuja sigla em inglês é IPCC. O SCENGEN usa esses resultados para produzir informações espacialmente detalhadas sobre as futuras mudanças de temperatura e precipitação, suas variabilidades e uma série de outras estatísticas.



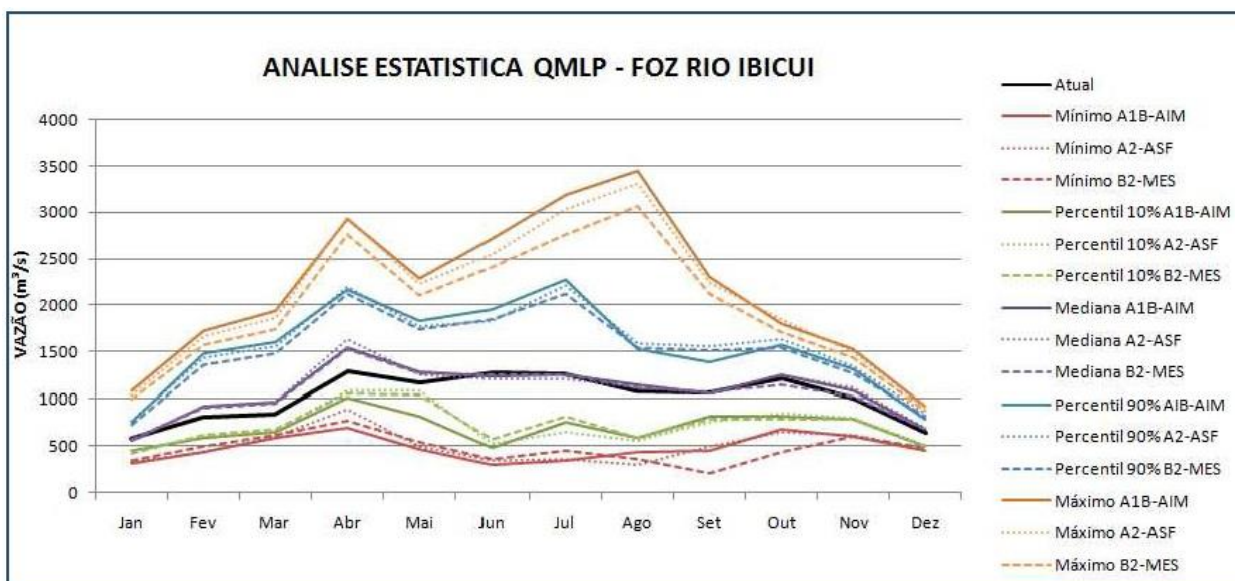
Fonte: Adam (2011)

Figura 4. Análise estatística Q_{90} – Foz do rio Ibicuí – Cenários AIB-AIM, A2-ASF e B2-MÊS: mínimo, máximo, mediana e 10º e 90º percentis.



Fonte: Adam (2011)

Figura 5. Análise estatística Q_{95} – Foz do rio Ibicuí – Cenários AIB-AIM, A2-ASF e B2-MÊS: mínimo, máximo, mediana e 10º e 90º percentis.



Fonte: Adam (2011)

Figura 6. Análise estatística Q_{MLP} – Foz do rio Ibicuí – Cenários A1B-AIM, A2-ASF e B2-MÊS: mínimo, máximo, mediana e 10º e 90º percentis.

Do resultado da análise estatística feita na foz do rio Ibicuí, Adam (2011) observou que o comportamento para Q_{90} e Q_{95} é bastante similar para todos os meses do ano. Para as demais vazões de referência, maior variabilidade dos resultados foi observada nos meses de inverno, como já previsto da estimativa de anomalias de precipitação e temperatura. Maiores disparidades são encontradas para as estatísticas de máximo e mínimo em relação à série atual. Já para a vazão média de longo prazo (Q_{MLP}), a variabilidade de resultados maiores é grande em todos os cenários analisados. Neste caso há maior disparidade da mediana nos meses de fevereiro a maio e setembro a outubro para cenário A1-AIM⁹. Para os cenários A2-ASF¹⁰ e B2-MES¹¹, tais disparidades entre estatísticas são maiores nos meses de fevereiro a junho, setembro e outubro.

Dentre as atividades econômicas da bacia do rio Ibicuí destaca-se agricultura, com ênfase para cultivo do arroz, seguido de soja e milho, o que coloca a irrigação como um dos principais usos da água. Durante os meses de verão (novembro a fevereiro), ocorre maior uso de água para esse

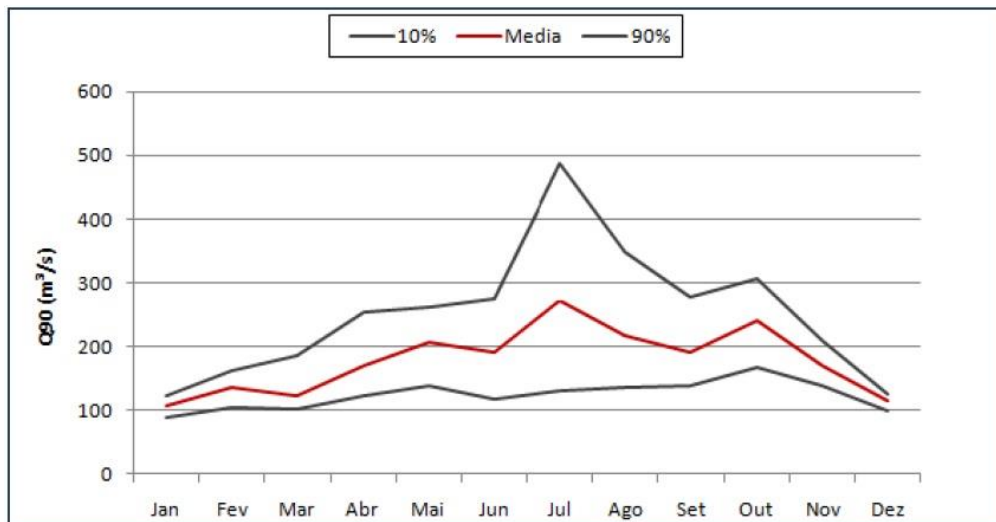
⁹ A1 descreve um mundo futuro de crescimento econômico muito rápido, com população global atingindo um pico em meados do século e declinando em seguida e a rápida introdução de tecnologias novas e mais eficientes.

¹⁰ A2 descreve um mundo muito heterogêneo. O tema subjacente é a autosuficiência e a preservação das identidades locais. Os padrões de desenvolvimento entre as regiões convergem muito lentamente, o que acarreta um aumento crescente da população. O desenvolvimento econômico é orientado primeiramente para a região, sendo que o crescimento econômico per capita e a mudança tecnológica são mais fragmentados e mais lentos do que nos outros contextos.

¹¹ B2 descreve um mundo em que a ênfase está nas soluções locais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental. É um mundo em que a população global aumenta continuamente, a uma taxa inferior à do A2, com níveis intermediários de desenvolvimento econômico e mudança tecnológica menos rápida e mais diversa do que os contextos B1 e A1. O cenário também está orientado para a proteção ambiental e a equidade social, mas seu foco são os níveis local e regional.

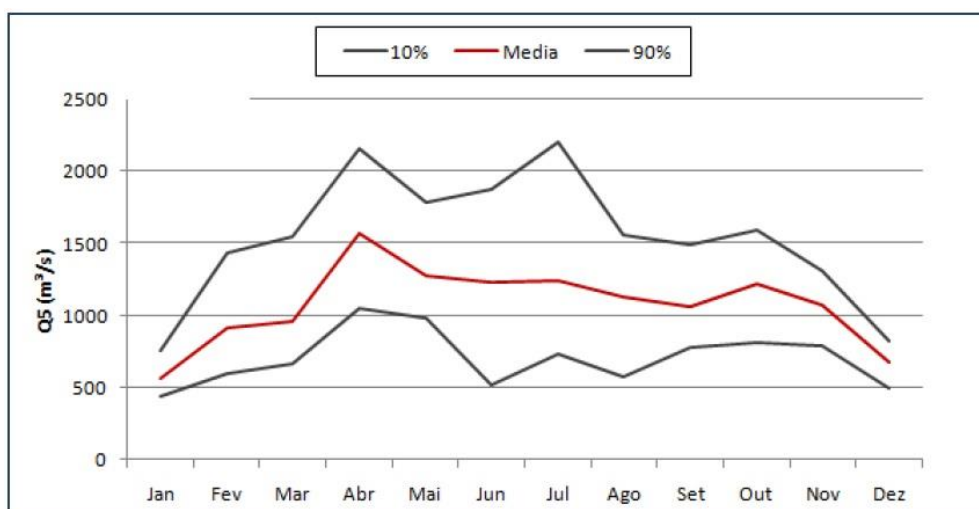
fim. A maior concentração das lavouras de arroz está região da foz do rio Ibicuí. Um aumento nas vazões mínimas ajudaria a diminuir os conflitos pelo uso da água.

Foram feitas análises estatísticas das médias, 10º e 90º percentis das vazões mínimas (Q_{90}) e máximas (Q_5). Os resultados mostraram que o impacto é maior sobre as vazões máximas, enquanto que as mínimas foram menos afetadas pelas possíveis mudanças climáticas, conforme mostrado nas Figuras 7 e 8. No geral os decréscimos nas vazões mínimas seriam mais impactantes para a bacia do Ibicuí do que alterações nas vazões máximas e médias, devido à geração de conflitos quanto ao uso da água.



Fonte: Adam (2011)

Figura 7. Análises estatísticas das mudanças na vazão com 90% de permanência na Foz do Rio Ibicuí: média, 10º e 90 percentis.



Fonte: Adam (2011)

Figura 8. Análise estatística das mudanças na vazão com 5% de permanência na foz do Rio Ibicuí: média, 10º e 90 percentis.

Para todos os cenários, a mediana das vazões médias mensais obtidas do conjunto de modelos climáticos analisados por Adam (2011) são bem semelhantes às atuais para os meses de verão. Um acréscimo é percebido nos meses de abril a julho, com exceção dos cenários A2-ASF, que prevê redução no mês de julho.

Vale registrar a preocupação de Adam (2011):

“As incertezas relacionadas às projeções de anomalias de precipitação e temperatura, já demonstradas neste trabalho, foram amplificadas ao se avaliar o impacto de mudanças climáticas no regime de vazões. Logo que surge a dúvida se realmente podemos confiar nos resultados obtidos e como usá-los para o gerenciamento dos recursos hídricos.

As maiores incertezas encontradas estão relacionadas à precipitação, o que consequentemente afeta os resultados obtidos para as vazões em ordem ainda maior. A discrepância entre a magnitude das modificações para precipitação é muito grande, além do que não há concordância entre os GCMs se esta variável vai aumentar ou diminuir no futuro.”

O estudo citado incita algumas questões. Qual o modelo de GCM que melhor representa como as mudanças climáticas? Como esses modelos podem ajudar a diminuir as incertezas encontradas para as projeções de precipitação? Como dentre tantos GCMs escolher os mais adequados ou confiáveis para predizer o clima futuro?

Giorgi e Means (2002) apud Adam (2011) têm enfatizado a ideia de que quanto melhor é a representação do clima atual por um modelo climático, melhor será a representação deste modelo para o clima futuro.

Segundo Wigley (2008) apud Adam (2011), a modelagem da precipitação é mais difícil do que a de temperatura, além disso, a maioria dos modelos apresentam menores incertezas na geração de séries de temperatura. Portanto, a escolha da precipitação como variável de interesse torna a escolha dos modelos mais criteriosa.

O trabalho de Adam (2011) mostrou, ainda, que, para todos os cenários, os 13 melhores modelos analisados mostraram aumento de temperatura, enquanto que quanto à precipitação há divergências entre os resultados. Os modelos tidos como melhores indicam aumento desta variável, com exceção do modelo BCCRBCM2, que mostrou decréscimo das chuvas para o ano de 2050. Mesmo que os sete melhores modelos não concordem em sua totalidade com aumento ou redução de chuvas, a incerteza em suas respectivas projeções é menor do que a dos piores modelos.

Com relação às projeções dos piores modelos, não se observou diferença relevante entre seus resultados e os obtidos pelo conjunto de 20 modelos analisados anteriormente, com exceção da mediana, cujos valores mensais ficaram diminutas nos meses de junho a setembro. Esta mesma tendência foi observada para a vazão Q_{MLP} , sendo aqui as medianas divergentes das previstas pelo conjunto de 20 modelos nos meses de maio a agosto.

No geral, foi percebido que os melhores modelos apresentam maiores diferenças entre os cenários analisados, o que não acontece com os resultados dos piores modelos. O cenário A2-ASF apresentou maiores divergências em relação aos demais cenários, principalmente nas séries de vazões mínimas.

Análises de sensibilidade de vazão a mudanças de precipitação mostraram que as vazões médias e altas são mais sensíveis a mudanças na precipitação. As vazões mínimas são menos afetadas em caso de redução ou aumento das chuvas na região.

A estimativa de anomalias previstas no conjunto do GCMs analisados para o ano de 2050 aponta, quanto à totalidade dos modelos, para acréscimo de temperatura. Porém, quanto às projeções de anomalias da variável precipitação, há maiores incertezas, principalmente quanto à magnitude destas variações. Há também, como esperado, variações entre os cenários de mudanças climáticas. As maiores anomalias de precipitações são previstas para o cenário A1B-AIM, já as menores pelo cenário de melhores condições ambientais o B2-MES.

A fim de diminuir as incertezas obtidas e garantir maior confiabilidade das previsões para o gerenciamento adequado aos recursos hídricos da região, Adam (2011) propôs ainda uma metodologia para seleção de modelos climáticos globais com base na capacidade destes modelos representarem o clima atual.

Desta forma, conclui-se que, para cada bacia ou região, deve-se analisar a performance dos CGMs quanto à sua capacidade de representação do clima atual, ou produzir um conjunto grande de cenários com todos os modelos disponíveis, antes de se recomendar a metodologia aceitável para avaliação das vazões.

Permanecem as questões sobre a confiabilidade dos resultados obtidos e sobre como utilizá-los para o gerenciamento dos recursos hídricos. As maiores incertezas foram identificadas no que se refere à precipitação, o que conseqüentemente afeta os resultados obtidos para as vazões em ordem ainda maior. Adam (2011) deixa claro que a discrepância entre a magnitude das modificações para precipitação é muito grande, além do que não há concordância entre os GCMs, se esta variável irá aumentar ou diminuir no futuro. Portanto, permanecem dúvidas, como saber dentre os GCMs quais os mais adequados ou confiáveis para prever o clima futuro.

9. Usos de gatilhos para gestão dos recursos hídricos em situação de estresse

Durante o desenvolvimento deste trabalho foram se configurando situações de estresse hídrico em várias regiões do país, principalmente na região sudeste, onde está o maior contingente populacional do país e o maior PIB, o que levou a uma série de questionamentos. Dentre as dúvidas levantadas se está ou não correlacionada com as mudanças climáticas em andamento. Nenhuma das autoridades científicas se arriscou a afirmar categoricamente que as mudanças climáticas são a principal causa. Independentemente das causas, é necessário que os regimes de alocação de água considerem a variabilidade hidrológica existente, e incorporem as incertezas quanto às suas futuras alterações.

Para enfrentar essas situações de estresse hídrico, algumas experiências chamam a atenção, como a da Austrália, na bacia do rio Murray-Darling, e como a da cidade de Lubbock, no Texas, nos Estados Unidos.

Essas duas experiências instituíram o sistema de **gatilho** para enfrentar a situação de estresse. Enquanto que na bacia do rio Murray-Darling foram estabelecidas duas fases de aplicação de

gatilhos, em Lubbock foram quatro. Essas experiências são bem similares e seus detalhes são apresentados a seguir.

9.1. Gatilho da bacia do rio Murray-Darling na Austrália

O Plano dessa bacia estabelece gatilhos¹² para alterações da divisão da distribuição de água (tiers em inglês), que determina os pontos de acionamento dos gatilhos do Acordo da Bacia do rio Murray-Darling.

As duas fases para disparar o gatilho do rio Murray-Darling são: 1) para uma política de reserva; e 2) resposta para situação de emergência. A primeira refere-se a situações normais de indisponibilidade hídrica, em que são aplicados arranjos de alocação de água que podem resultar em redução do suprimento de água a alguns usos da água; a segunda refere-se a situações de emergência, e é aplicada em situações críticas sem precedentes, tanto em quantidade como em qualidade da água.

Os planos de recursos hídricos da Austrália se baseiam em três elementos inter-relacionados:

- Estabelecimento de uma faixa ótima de extração de água, incluindo uma meta volumétrica;
- Probabilidade de se atingir a extração de água dentro da faixa ótima; e
- Definição dos pontos a partir dos quais o gatilho deve ser acionado.

Assim, o regime de extração de água sustentável precisa contemplar três elementos inter-relacionados conforme mostrado na Figura 9 a faixa ótima de retirada de água, a probabilidade de atingimento dessa faixa ótima e os pontos de gatilho associados a níveis de risco aceitáveis.



(*) Indica o nível de uso consuntivo acima do qual corre-se risco inaceitável comprometendo os resultados almejados pelo plano, exigindo intervenção de gestão

Figura 9. Elementos essenciais para orientar o regime de extração de água sustentável

O acionamento do gatilho deve ser feito quando o nível de extração de água resulta em um inaceitável risco de comprometimento dos resultados esperados conforme o plano, considerando-se as dimensões: social-econômica, ambiental, e de restrições físicas do sistema

¹² <http://www.mdba.gov.au/what-we-do/managing-rivers/river-murray-system/water-sharing/human-water-needs>

hídrico. Se o nível de extração de água resulta na necessidade de acionamento do gatilho, são necessários alguns tipos de medidas de gestão de remediação, que são pré-estabelecidas. Se a situação permanece, inicia-se um processo em que a retirada de água será maior do que a meta volumétrica estabelecida pelo plano, o que exige providências diversas tais como:

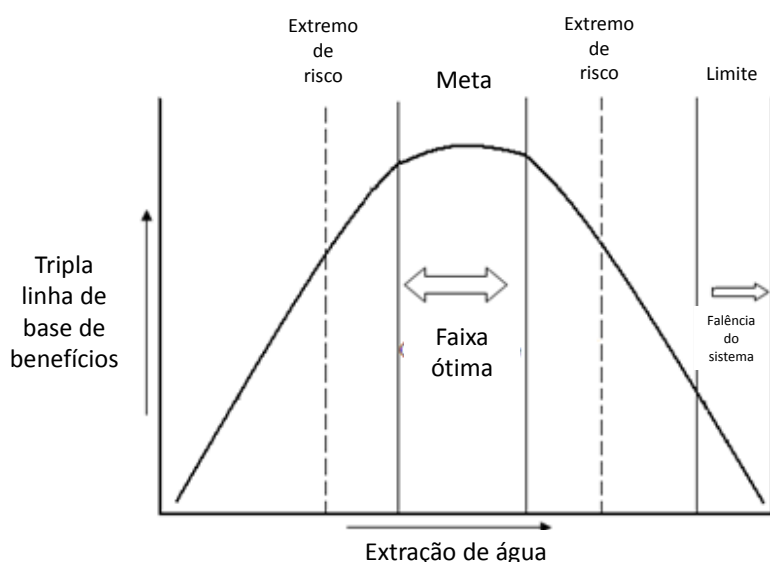
- Definição da extração de água como uma proporção da meta;
- Definição de um volume mínimo do reservatório;
- Definição de uma fórmula de extração de água baseada em modelagem do comportamento do sistema;
- Definição de uma meta de pressão sobre os recursos hídricos superficiais

A escolha do tipo de providência para estimar variará de acordo com a natureza da fonte hídrica e outros fatores.

O uso dos três elementos acima mencionados permite otimizar o uso da água. Ou seja, o nível de uso pode ser mantido tão alto quanto possível, desde que seja baixa a probabilidade de se atingir a zona de risco inaceitável, considerando-se os resultados ambientais e socioeconômicos almejados.

Essa metodologia adota pontos de gatilhos relacionados a benefícios ambientais e socioeconômicos, para a definição de faixas ótimas de extração de água. Esses pontos de gatilhos correspondem a níveis de disponibilidade hídrica abaixo dos quais a água disponível para uso é insuficiente para atender os resultados socioeconômicos ou ambientais. O gatilho socioeconômico estará relacionado com o regime de extração, de modo a encontrar as necessidades humanas críticas e outros resultados socioeconômicos previstos no plano de recursos hídricos.

A Figura 10 ilustra o modelo conceitual da linha de base de benefícios relativos à faixa do regime de extração de água utilizando esses elementos. Os dois limites nessa figura mostram o superior e inferior para a extração sustentável de água.

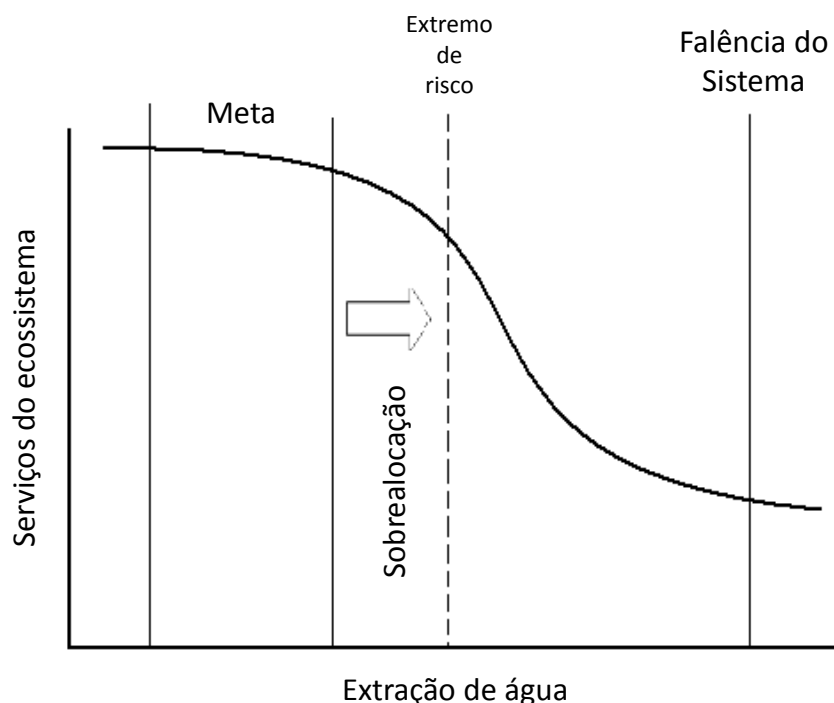


Fonte: NWI Policy Guidelines for Water Planning and Management – 2010 - Australia

Figura 10. Modelo conceitual para otimização da extração dos recursos relativos aos benefícios da linha tripla de base de benefícios.

As Figuras 11 e 12 combinadas expressam o que foi mostrado na Figura 10, ilustrando os limites e valores para os serviços do ecossistema e os benefícios socioeconômicos, respectivamente. A Figura 11 representa a situação de extração de mais água do que o limite, o que pode resultar em permanente perda dos serviços do ecossistema, e portanto precisa ser evitada. A Figura 12 mostra que a extração de menos ou mais água do que a faixa ótima definida pode levar a perdas significativas de benefícios socioeconômicos ou à falência do sistema, respectivamente.

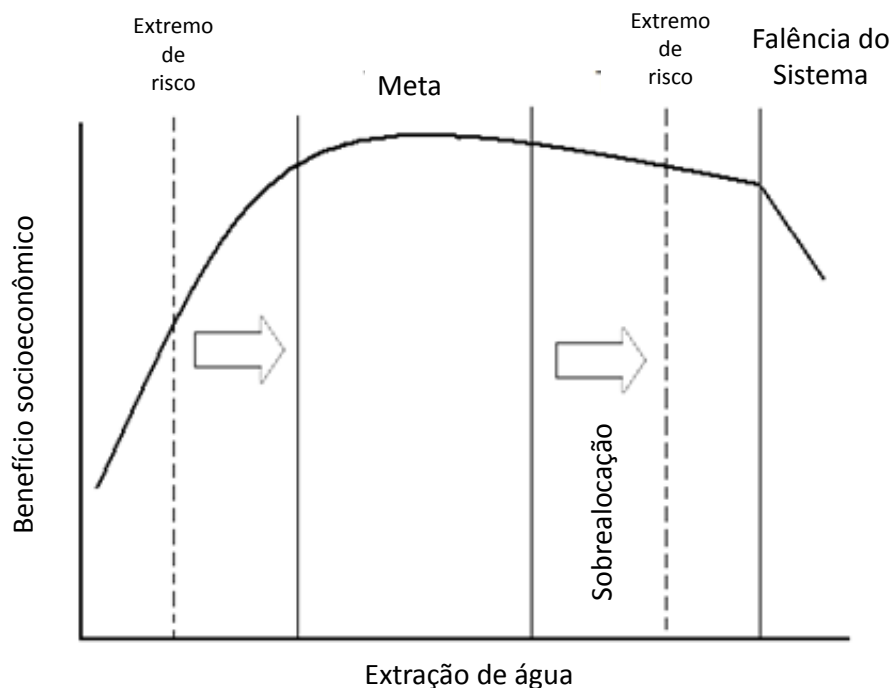
Na Figura 11, o decréscimo nos serviços do ecossistema é representado por uma linha suave, mas na prática, pode ocorrer uma redução abrupta desses serviços. Além disso, nota-se que as perdas do serviço do ecossistema pode não ocorrer no primeiro evento climático crítico, mas ao longo de uma sequência de eventos críticos.. Portanto, quando considera-se os limites, é importante verificar com que frequência o uso da água pode ir além desse nível, antes dos serviços do ecossistema atingirem um nível de risco inaceitável. Por exemplo, um inaceitável nível de risco pode ser a frequência de ocorrência de um ano evento crítico a cada dez anos.



Fonte: NWI Policy Guidelines for Water Planning and Management – 2010 – Australia

Figura 11. Resposta do ecossistema à mudança dos níveis de extração de água

Todos os benefícios socioeconômicos aumentam gradualmente quando a extração de água aumenta, devido à importância do incremento da produção econômica do uso da água na agricultura. Além do limite superior da faixa adotada, todos os benefícios socioeconômicos decrescem levemente para o ponto de falência do sistema de acordo com a perspectiva socioeconômica. Após esse ponto os benefícios socioeconômicos declinam acentuadamente. Figura 11.



Fonte: NWI Policy Guidelines for Water Planning and Management – 2010 - Australia

Figura 12. Resposta socioeconômica à mudança dos níveis de extração de água

A primeira constatação é de que se trata de uma ferramenta bastante promissora, que não deve ser copiada pura e simplesmente, mas sim adaptada de acordo às condições dos locais onde vai ser instituída.

9.2. Gatilho da cidade de Lubbock – Texas Estados Unidos

Uma característica do plano de conservação de água de Lubbock é a previsão do atendimento da população nos próximos dez anos, por grupos de populações de 5.000 habitantes, considerando-se todas as variáveis que implicam em mau uso ou ineficiência no uso da água. Esse plano obrigatoriamente deve ser revisto e atualizado a cada cinco anos, reestabelecendo as metas para os cinco anos subsequentes e para os dez anos, incluindo o período de sua vigência.

Os quatros estágios ou sequência de gatilhos definidos para enfrentar os períodos de estresse em Lubbock são:

- Estágio 1 – escassez de água suave
- Estágio 2 – escassez de água moderada
- Estágio 3 – escassez de água severa
- Estágio 4 – escassez de água emergência.

Essas fases foram estabelecidas de modo a conservar a disponibilidade do suprimento de água para proteger a integridade dos sistemas de oferta de água, com especial atenção para o uso doméstico, saneamento, proteção contra incêndios, proteção e preservação da saúde pública, e bem estar.

Esse modelo de gatilho exige forte interação com a comunidade: a população deve estar sendo sempre informada de forma contínua e atualizada principalmente quanto à implementação dos estágios enunciados. Essas informações precisam ser repassadas ao público por meios capazes de educá-lo, inclusive utilizando os meios de comunicação convencionais, jornais, rádio, televisão e mesmo apresentações em grupos.

A aplicação deste instrumento requer um acompanhamento diário das condições de suprimento e da demanda, para determinar o momento de sua aplicação, sempre mantendo-se a sociedade informada, quanto ao término de cada estágio, por meio dos mesmos meios de comunicação.

Os critérios para aplicação dos gatilhos são baseados na avaliação do histórico da capacidade de suprimento e distribuição da água e nos padrões de uso, e considera também o impacto da seca e dos usos da água sobre a capacidade de suprimento.

Para início da aplicação do estágio é necessário que qualquer das condições elencadas no Quadro 1 ocorra, e o estágio é encerrado quando as condições que determinou seu início cessam.

Quadro 1. Condições que definem a aplicação de gatilhos em situação de estresse quando inicia e quando termina,

Estágios de escassez de água	Condições para início	Condições para término
1. Leve	• Uso diário de água excede 80% da capacidade máxima diária de atendimento por dez dias consecutivos; • A disponibilidade de água para suprimento disponível é somente suficiente para atender as necessidades projetadas; ou • A disponibilidade de água é adequada, mas os níveis dos lagos, capacidades dos reservatórios ou a oferta de água subterrânea estão baixos o suficiente que restrinja futuro suprimento de água se a condição de seca ou emergência continuar.	Quando o estresse é superado volta-se aos padrões tradicionais de uso.
2. Moderada	• Uso diário de água excede 90% da capacidade máxima diária de atendimento por dez dias consecutivos; • O suprimento de água de todas as fontes é reduzido, mas é maior	Quando o estágio 2 é concluído automaticamente o estágio 1 torna-se efetivo

Estágios de escassez de água	Condições para início	Condições para término
	do que 90% das necessidades projetadas; ou A disponibilidade de água dos lagos e a oferta de água subterrânea estão abaixo do normal e podem continuar a declinar e a causar situações moderadas de estresse, tanto no presente como no futuro, ou quando o suprimento é reduzido devido à falha no sistema de suprimento de água.	
3. Severa	- O uso diário excede 100% da capacidade máxima diária de suprimento por cinco dias consecutivos; - O suprimento de água disponível de todas as fontes é reduzido a 90% ou menos das necessidades projetadas; ou - A disponibilidade de lagos e aquíferos estão bem abaixo do normal, podendo continuar a declinar, e reduções adicionais no suprimento de água no presente ou futuro são evidentes ou quando o suprimento de água é reduzido devido a falhas no sistema de disponibilização de água.	Quando o estágio 3 é terminado o estágio 2 automaticamente torna-se efetivo.
4. Emergência	- O uso diário excede 105% da capacidade de suprimento máximo diário da comunidade por cinco dias consecutivos; - O suprimento de água disponível de todas as fontes reduzidas para menos de 70% das necessidades projetadas	Quando o estágio 4 é concluído automaticamente o estágio 3 torna-se efetivo

Estágios de escassez de água	Condições para início	Condições para término
	- Ocorrem falhas na fonte de suprimento ou no sistema, tais como problemas na barragem, reservatório de armazenamento, sistema de bombeamento, dutos de condução e distribuição, ou nas instalações de tratamento de água, sistema de força, ou limitações severas e prolongadas sobre o sistema de atendimento da demanda, causadas por desastres naturais ; ou - A fonte de água está contaminada.	

Fonte: Adaptado do City of Lubbock – 2010 – Water Use Management Plan Appendix D - Exemple Municipal Water Use Plan

Pelas considerações para cada estágio observa-se que tanto a oferta como a demanda são obrigadas a ser monitoradas, o que é detalhado como mostrado no Quadro 2.

Quadro 2. Critérios para aplicação de gatilho pela comunidade Lubbock – Texas Estados Unidos em situação de estresse hídrico

Estágio	Melhoria das práticas de gestão suprimento	Restrições de usos para redução da demanda
Estágio 1 Reduzir o uso da água a menos de 90% da capacidade máxima de suprimento diário da comunidade	- A comunidade pode reduzir ou descontinuar o suprimento de água principal, bem como a utilização de água para propósitos não potável, onde praticável. - Operadores de sistemas de adução (que fornecem água no atacado) devem implementar essas e outras medidas específicas para melhorar o manejo da limitada água de suprimento. O contrato de provisionamento exige que todo grande usuário implemente restrições impostas pela seca, podendo ser aditado ou revisto o contrato ou mesmo celebrado novo contrato.	- Irrigação paisagística é restrita a dois dias por semana, a municipalidade divulga o calendário de realização dessa medida; - A irrigação proverá um máximo de 38 mm, por zona, por semana. - Irrigação deverá ocorrer sem escoamento superficial significativo, o que pode ser ajustado com a correta rotação do aspersor e do tempo de irrigação. - Toda a comunidade deve aderir às restrições de uso de água. - A irrigação manual paisagística é permitida diariamente, independente da época do ano. - Plantas novas podem ser irrigadas em bases mais frequentes, até que elas estejam estabelecidas. - A autoridade da comunidade contatará o operador do sistema de adução (que fornecem água no atacado) para discutir as condições de suprimento e demanda e medidas voluntárias para redução do uso de água (implementa Estágio 1 do plano de contingência de secas dos usuários)
Estágio 2 Reduzir o uso da água a menos de 80% da capacidade máxima diária de suprimento	- A comunidade reduzirá ou descontinuará o suprimento de água bem como a utilização de água para propósitos não potável, onde praticável. - Os operadores de sistemas de adução (que fornecem água no atacado) são exigidos por	- A irrigação paisagística é restringida a um dia por semana, e a autoridade da comunidade divulga o calendário dessa prática. - A irrigação proverá um máximo de 38 mm, por zona, por semana.

Estágio	Melhoria das práticas de gestão suprimento	Restrições de usos para redução da demanda
	contrato a implementar medidas específicas no controle de suprimento de água no atacado, para melhor administrar a limitada disponibilidade de água. São exigidas disposições contratuais aos operadores de sistemas de adução (que fornecem água no atacado) para que implementem medidas restritivas para enfrentar a seca, de forma consistente com as demais medidas da comunidade.	• Irrigação deverá ocorrer sem escoamento superficial significativo, o que pode ser ajustado com a correta rotação do aspersor e do tempo de irrigação. • Os usuários de água limitarão significativamente os usos da água pros fins estéticos e não essenciais. A água não poderá ser utilizada para lavar calçadas, pisos, carros, etc., ou mesmo controle de poeira. É permitido utilizar água para construção de estradas e limpeza de superfície para pintura. Piscinas não podem ser esvaziadas e reenchidas. • Toda a comunidade deve aderir às restrições de uso da água. • A irrigação manual paisagística é permitida diariamente independente da época do ano. • Plantas novas podem ser irrigadas em bases mais frequentes até que elas estejam estabelecidas. • A autoridade da comunidade exigirá que todo operador de sistema de adução (que fornece água no atacado) reduza os usos não essenciais da água.
Estágio 3 Reduzir o uso da água a menos de 70% da capacidade máxima diária	• A comunidade reduzirá ou descontinuará o suprimento de água bem como a utilização de água para propósitos não potáveis, onde praticável. • Os operadores de sistemas de adução (que fornecem água no atacado) são exigidos por contrato a implementar medidas específicas no controle de suprimento de água no atacado, para melhor administrar a limitada	• Irrigação deverá ocorrer sem escoamento superficial significativo, o que pode ser ajustado com a correta rotação do aspersor e do tempo de irrigação. • A irrigação paisagística ocorrerá não mais do que um dia por mês, não mais do que 38 mm por zona, e o calendário é definido pela autoridade da comunidade.

Estágio	Melhoria das práticas de gestão suprimento	Restrições de usos para redução da demanda
	disponibilidade de água. São exigidas disposições contratuais aos operadores de sistemas de adução (que fornecem água no atacado) para que implementem medidas restritivas para enfrentar a seca, de forma consistente com as demais medidas da comunidade.	• O uso de água dos hidrantes de incêndio será limitado ao combate de incêndio ou outras atividades necessárias para manter a saúde pública, segurança e bem estar. A autoridade da comunidade pode permitir outros usos dessa água para construção civil. • Toda a comunidade deve aderir às restrições de uso de água. • A irrigação manual paisagística é permitida em bases diárias independente da época do ano. • A autoridade da comunidade contatará todo operador de sistema de adução (que fornece água no atacado) para discutir as condições de suprimento e/ou demanda, e exigirá que esses operadores estabeleçam controle do suprimento por meio medidas adicionais, para reduzir o uso não essencial da água (incluindo planos de contingência para usuários).
Estágio 4 Reduzir o uso da água a menos de 50% da capacidade máxima diária de suprimento.	• A comunidade suspenderá o suprimento de água e a irrigação paisagística pública e utilizará água reciclada para propósitos não potáveis, onde praticável. • No evento de falha no sistema de larga escala ou se a fonte de água for contaminada, a comunidade pode lançar mão de caminhão pipa para suprimento de água doce. • Para os operadores de sistemas de adução (que fornecem água no atacado) são necessárias disposições contratuais específicas para implementar essas medidas, bem como quaisquer outras medidas	• Todo uso de água para fins estético ou não essencial, incluindo a irrigação paisagística é proibida exceto onde necessário para proteger a saúde, segurança e bem estar do público. Nenhuma aplicação paisagística pode ser instalada. • Toda comunidade deve aderir às restrições de uso da água. • A autoridade da comunidade pode reduzir a pressão do sistema para conservar água. • Todo operador de sistemas de adução (que fornece água no atacado) será estimulado a

Estágio	Melhoria das práticas de gestão suprimento	Restrições de usos para redução da demanda
	previstas no contrato de fornecimento de água por atacado, para melhor gerir o limitado suprimento de água. Pode-se aditar cláusula contratual para que seja exigido desses operadores a implementação de restrições de seca obrigatórias, consistentes com a comunidade.	implementar o estágio 4 de seu plano de contingência contra seca.

Fonte: Adaptado do City of Lubbock – 2010 – Water Use Management Plan Appendix D - Exemple Municipal Water Use Plan

O gatilho está vinculado à sistemática ditada pelo Plano de Recursos Hídricos, o qual exige que toda vez que a condição de escassez se instalar o órgão gestor de recursos hídricos deverá:

- Avaliar a severidade do problema e identificar as ações necessárias e o tempo demandado para resolver o problema;
- Informar ao responsável pela operação de sistemas adutores (que fornecem água no atacado) como devem ser restringidos os serviços de fornecimento de água (notificação pública para reduzir o uso da água até que o suprimento de água seja normalizado);
- Se apropriado, notificar a cidade, municípios, e/ou estado sobre as situações oficiais de emergência, para fins de assistência;
- Empreender ações necessárias, incluindo reparos e/ou limpezas; e
- Preparar relatório de avaliação sobre os incidentes e críticas aos procedimentos e ações de emergência.

Uma experiência similar de implementação de gatilhos associados à alocação de água no Brasil é o sistema de alocação de água do Rio Verde Grande. Nesse caso, a Agência Nacional de Águas definiu regras de restrição aos usos da água associados ao nível de disponibilidade hídrica, indicado pelas vazões observadas em pontos de controle de referência. Essas regras foram estabelecidas após discussão com os usuários de água e o comitê de bacia as quais foram materializadas na Resolução ANA nº 802, de 2008. Essa experiência confirma que as soluções serão sempre locais; mesmo que existam diretrizes gerais, um modelo geral não pode ser copiado, tem que ser feito sob medida e de acordo com o problema e com as características da região, não só quanto aos seus aspectos fisiográficos, mas principalmente quanto aos seus aspectos culturais.

10. Planos de Recursos Hídricos

O plano de recursos hídricos é o instrumento mais considerado pela maioria dos países pesquisados para definição de medidas de adaptação a mudanças climáticas (incluindo alocação de água). Entretanto, os planos não abordam a partilha de água no varejo, como por exemplo, entre os consumidores urbanos. Ele é o instrumento que muitos países têm lançado mão para começar a se posicionar na gestão dos recursos hídricos com relação às mudanças climáticas, principalmente Austrália e Canadá. Nos Estados Unidos, alguns Estados estão seguindo esse mesmo caminho.

O planejamento e a gestão dos recursos hídricos são atividades complexas, e quando se considera os impactos e efeitos das mudanças climáticas, mais complexo se tornam, devido às incertezas e à necessidade de gestão dos riscos.

Os planos variam de acordo com a dimensão e intensidade de uso dos recursos hídricos, quanto menos uso é requerido de um corpo de água, menos complexo é o seu planejamento.

Os planos de recursos hídricos elaborados no Brasil raramente contemplam cenários que envolvam as mudanças climáticas. Ao contrário, a Resolução nº 145, de 2012, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, que dá diretrizes para elaboração de planos de recursos hídricos, preconiza que seja definido um único cenário de referência, para o qual o plano deve orientar

suas ações. Dessa forma, há o risco de que as ações propostas nos planos não sejam robustas o suficiente, caso cenários distintos do de referência ocorram no futuro. O ideal seria que os planos avaliassem o desempenho de suas ações propostas em um conjunto de cenários distintos, incluindo aqueles associados a mudanças climáticas. Assim, ainda que não ótimas, as ações propostas seriam “boas o suficiente” em qualquer cenário.

O tipo de plano a ser desenvolvido depende do seu propósito: qual a questão que precisa ser resolvida? A Figura 13 ilustra a abrangência e complexidade de um plano de recursos hídricos, devendo passar a contemplar os riscos e incertezas dos efeitos e impactos das mudanças climáticas.

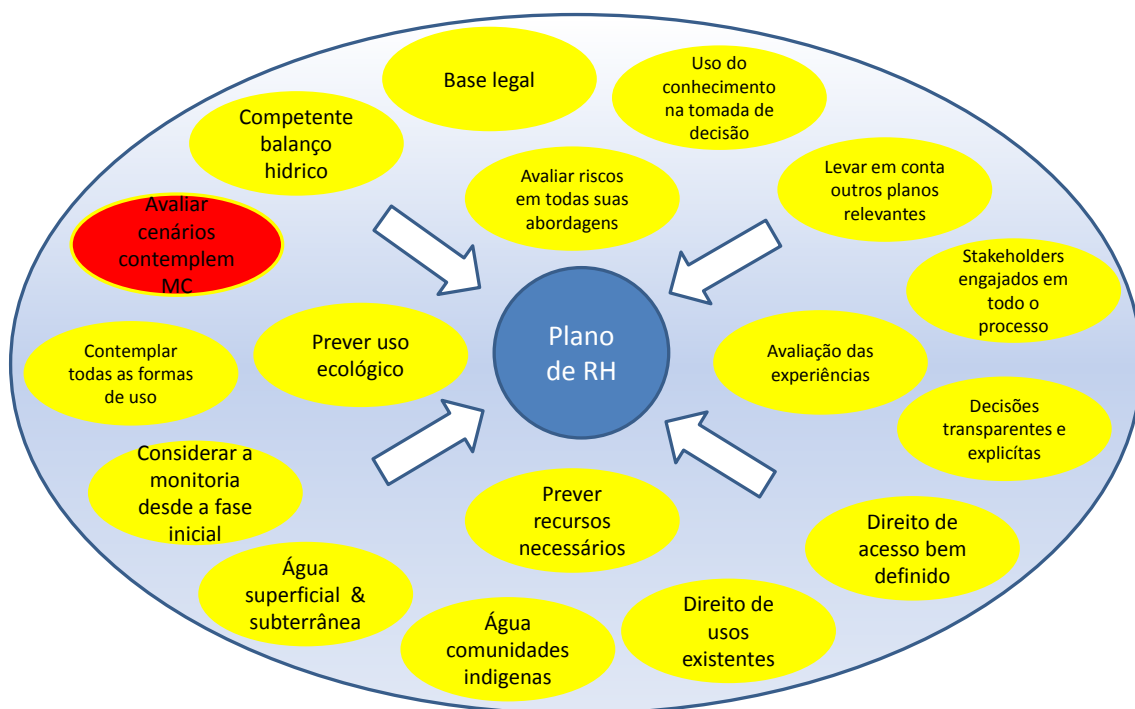


Figura 13. Complexidade de um plano de recursos hídricos

Os planos devem buscar resolver questões ligadas à alocação de água, gestão da demanda crescente, decréscimo e menos certeza de disponibilidade hídrica em algumas áreas devido às mudanças climáticas, podendo incluir abordagens econômicas.

Esses planos começam a incorporar em seus cenários as mudanças climáticas, de modo a orientar as intervenções necessárias. Entretanto, como as incertezas ainda são enormes, o grau de conhecimento dos efeitos e impactos dessas mudanças ainda é limitado (principalmente na escala das bacias hidrográficas), um recurso que os países pesquisados têm lançado mão é abreviar o tempo de revisão desses planos. O atual estágio do conhecimento dos riscos e dos efeitos e impactos das mudanças climáticas tem levado a maioria dos países a adotar um período de revisão de seus planos de recursos hídricos a cada três anos.

A Austrália editou um documento em 2010 denominado GUIDELINES FOR WATER PLANNING AND MANAGEMENT¹³.

Em 2004 o Conselho do Governo Australiano – COAG aprovou a Iniciativa Nacional da Água (NWI – National Water Initiative¹⁴) em reconhecimento à continuação do imperativo nacional para aumentar a produção e eficiência do uso da água da Austrália, à necessidade de atender as demandas rurais e comunidades urbanas, bem com à necessidade de assegurar a saúde dos corpos de água e águas subterrâneas, da qual depende os ecossistemas aquáticos. Essa iniciativa estabeleceu passos claros para tornar todo o sistema de extração de água ambientalmente sustentável.

Essa Iniciativa Hídrica Nacional (*National Water Initiative* – NWI) define um plano de recursos hídricos como:

“statutory plans for surface and/or ground water systems, consistent with the Regional Natural Resource Management Plans, developed in consultation with all relevant stakeholders on the basis of best scientific and socio-economic assessment, to provide secure ecological outcomes and resource security for users”.

Assim, é utilizada uma abordagem baseada no risco. O planejamento dos recursos hídricos deve criar mecanismos para gerenciar a incerteza e adaptar-se a novos cenários decorrentes de mudanças climáticas, a partir de uma melhoria da informação e do conhecimento.

Os planos seguem uma determinada metodologia comum ilustrada na Figura 14. Nessa metodologia, parte-se de um marco legal que define claramente a jurisdição do plano. O plano também deve envolver os formuladores de políticas e todos os interessados dentro da bacia hidrográfica (*stakeholders*). Todos deverão estar devidamente alinhados e conscientes do papel e responsabilidade que os planejadores dos recursos hídricos têm que exercer, e das incertezas e de riscos. Só desta forma se consegue o planejamento consistente dos recursos hídricos, que, para ser efetivo, eficiente e eficaz, tem que estar alinhado com um adequado arranjo gerencial.

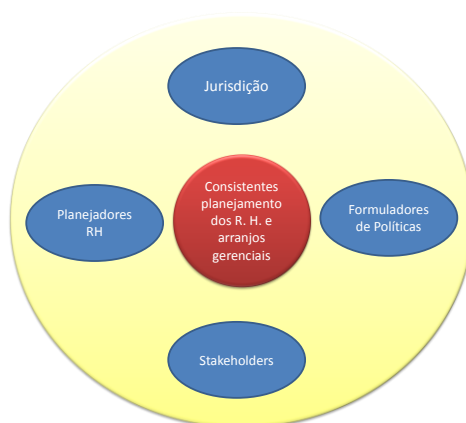


Figura 14. Inter-relacionamento entre os atores envolvidos no plano de recursos hídricos

¹³ <http://www.environment.gov.au/topics/water/australian-government-water-leadership/national-water-initiative/guidelines-water>

¹⁴ <http://www.nwc.gov.au/nwi>

A gestão de risco e as incertezas devem ser consideradas em todo o processo de planejamento.

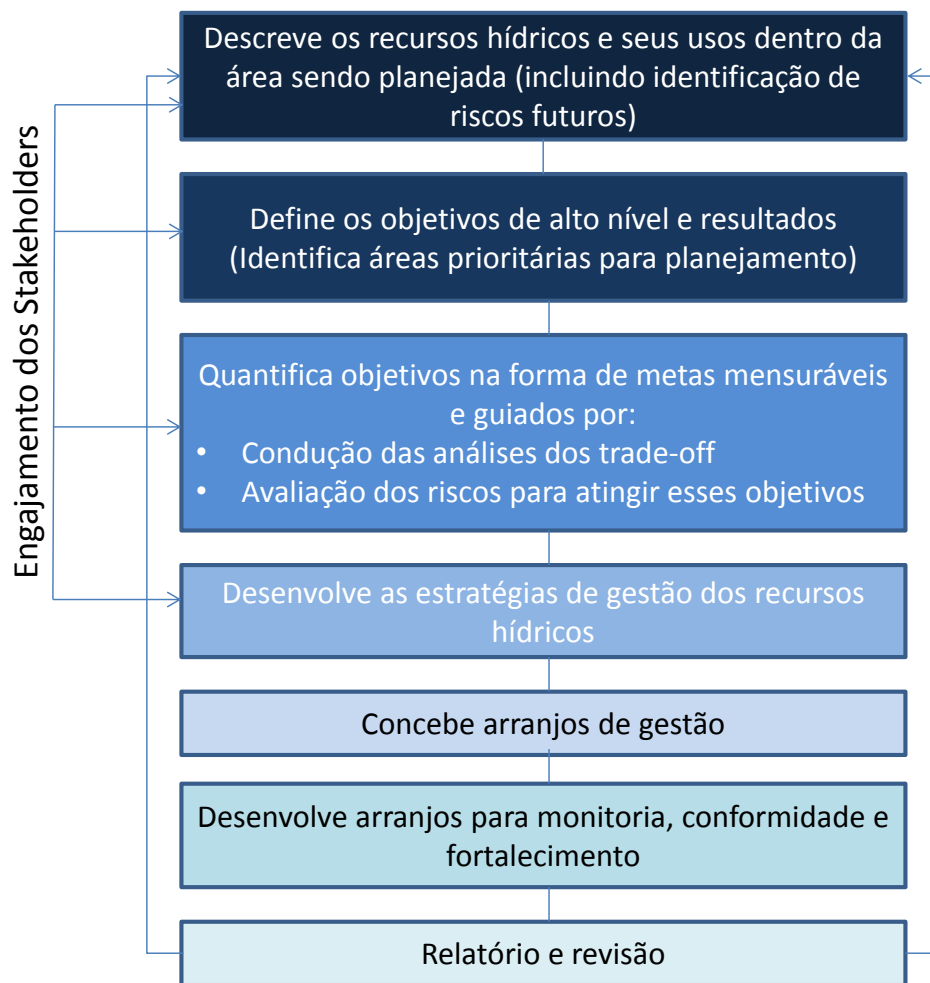
Outra diretriz comum dos planos analisados é que todos buscaram assegurar resultados compatibilizados com o meio ambiente e os outros benefícios almejados pela sociedade, bem como definir o mais apropriado arranjo de gestão para atingir esses resultados.

O processo de planejamento deve compatibilizar as necessidades ambientais e de consumo de água dentro de critérios transparentes e participativos. Além disso, as ameaças potenciais e emergentes para os recursos hídricos, incluindo a mudança climática, precisam ser levadas em conta no processo de planejamento dos recursos hídricos.

A segurança quanto à implementação desses elementos preconizados nos planos advirá do compartilhamento da água entre os usos múltiplos e das regras para alocação de água definidas no plano. Começa desta forma a nascer uma base sólida para a instituição dos gatilhos para os casos de ocorrência de estresse hídrico durante todo o período de estudado no plano.

O planejamento hídrico é central para enfrentar desafios decorrentes do estresse de sistemas hídricos. Também, o planejamento impõe uma disciplina para definir claramente os objetivos ambientais e estratégicos. O processo de planejamento, também, confere credibilidade à implementação das ações previstas nos planos.

A experiência australiana define bem a fase em que é essencial a participação dos *stakeholders*, conforme mostrado na Figura 15.



Fonte: NWI, Austrália.

Figura 15. Fases do plano de recursos hídricos e o engajamento dos *stakeholders*.

Todo plano de recursos hídricos parte de informações básicas sobre a disponibilidade hídrica e as demandas para os diferentes usos, o que na atualidade exige que se contemplem as mudanças climáticas, como mostrado na Figura 16.



Figura 16. Desenvolvimento de um plano de recursos hídricos com inserção das mudanças climáticas

Todo plano deve buscar um regime de extração de água sustentável, incorporando-se as incertezas. Tais incertezas dificultam a estimativa da quantidade de água disponível para extração de uma fonte específica (contemplando volume, tempo, localização e manejo da sua vazão de extração). A quantidade de água disponível deve ainda ser suficiente para assegurar os benefícios ambientais e públicos, e atender às necessidades humanas, que devem ser claramente estabelecidas no plano e aprovadas sob determinado nível de risco, compatível com o meio ambiente e o desenvolvimento socioeconômico almejado. Isto nada mais é do que o estabelecimento de um regime de extração sustentável da água.

Já são conhecidos processos científicos e tecnológicos para o estabelecimento desse regime de extração sustentável da água, que incluem:

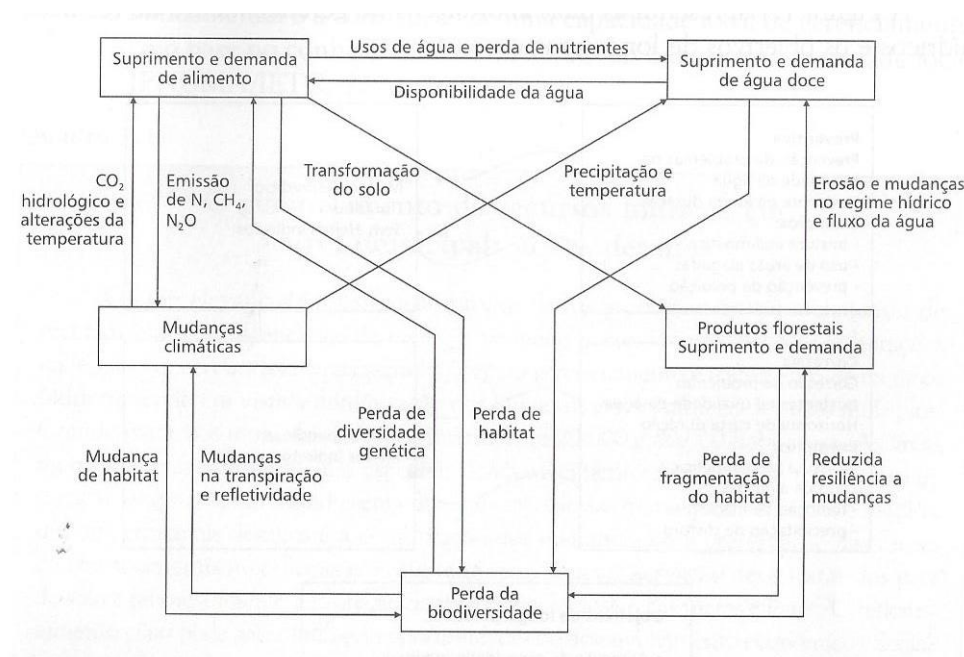
- Priorização de ativos ecológicos;
- Identificação e quantificação do nível de dependência de água desses ativos (incluindo a qualidade da água), por meio da utilização do melhor conhecimento disponível e do princípio da precaução quando houver falta de informação sobre os ecossistemas dependentes
- Determinação da área de influência da extração de água e sua influência sobre as águas subterrâneas, considerando-se a dependência dos ecossistemas e a

vulnerabilidade dos ecossistemas a déficits em termos de quantidade e qualidade da água;

- Estabelecimento de objetivos do uso dos recursos; e
- Determinação do regime de extração que minimiza os riscos.

Portanto, a questão dos serviços dos ecossistemas deve ser considerada como fundamental em todo plano de bacia hidrográfica. A Figura 17 descreve as principais interações entre os diversos componentes do sistema terrestre aquático e a posição central ocupada pelos recursos hídricos em relação à biodiversidade, mudanças climáticas e produção de alimentos (Tundisi, 2003).

A maioria dos países que tem concentrado suas atenções na adaptação às mudanças climáticas por intermédio de planos de recursos hídricos tem considerado como ponto fundamental a conservação ou recuperação dos ecossistemas. Trata-se de uma complexa e ainda tímida iniciativa no Brasil, pois envolve interações entre os diversos componentes do sistema terrestre e aquático e a posição central ocupada pelos recursos hídricos em relação à biodiversidade, usos do solo, mudanças climáticas e produção de alimentos (Tundisi, 2003).



Fonte: Ayensu et al., 1999, apud Tundisi 2003

Figura 17. Interações entre os diversos componentes do sistema terrestre aquático em relação à mudança climática

11. Outorgas vinculadas a redução de emissão de gases de efeito estufa

Todo empreendimento deve obedecer à legislação vigente e, para tanto, tem que estar continua e sistematicamente buscando aperfeiçoamento e regularização ambiental de suas atividades. Para redução gradativa dos impactos ambientais negativos de das diversas atividades econômicas, as instituições envolvidas direta ou indiretamente com sua regularização ambiental

devem contribuir inserindo em suas orientações normas que visem minimizar impactos ambientais.

O regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos objetiva assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água. Ao se falar de assegurar os direitos de uso, deveriam ser analisados todos os aspectos da atividade exercida pelos usos da água que podem afetar o acesso água dos demais usuários no futuro. Um desses aspectos é a emissão de gases que aumentam o efeito estufa e que, portanto, contribuem para o aumento da incerteza e para a alteração da disponibilidade hídrica. Por isso, recomenda-se que sejam estudados requisitos especiais para outorgas de direito de uso da água para empreendimento com potencial de emissão de gases de efeito estufa, como por exemplo, as termoeletricas tanto a gás, óleo e carvão. Só a título de exemplo, da COPASA (Companhia de Saneamento que atual no Estado de Minas Gerais) já tem acompanhamento suas emissões de CO₂ desde 2012 por meio da ampliação de seu campo de dados e informações.

O desenvolvimento sustentável é o fundamento de qualquer planejamento setorial, tendo hoje que vir acompanhado de ações voltadas para a preservação e recuperação de ecossistemas e mitigação dos efeitos de mudanças climáticas.

Qualquer novo projeto a ser submetido ao processo de outorga de direito de uso de recursos hídricos deve ser previamente validado pelas questões de natureza ambiental, de maneira a possibilitar que o processo de regularização ambiental, vinculado ao uso da água, esteja alinhado com a melhoria do meio ambiente e seus ecossistemas e à mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. Por outro lado, deve-se ter sempre a preocupação de não inviabilizar empreendimentos necessários ao desenvolvimento sustentável da bacia hidrográfica onde será instalado. É, portanto, necessário, maximizar o uso dos recursos naturais com o menor impacto no ecossistema e no clima.

Quando os empreendimentos têm efeitos sobre a biodiversidade e sobre o clima, deve o pedido de outorga vir acompanhado dos estudos de impactos ambientais associados aos pedidos de licenciamento, exigidos por lei para o tipo de empreendimento, permitindo desse modo a integração da avaliação de impactos ambientais.

Aos mesmo tempo, o usuário de água tem que participar voluntariamente do Programa de Registro das Emissões Anuais de Gases de Efeito Estufa de Empreendimentos, no âmbito do *Carbon Disclosure Project* (CDP)¹⁵, para colaboração de inventários de gases de efeito estufa das atividades outorgadas.

As alterações no regime hidrológico advindas das mudanças e variabilidades climáticas representam um risco às atividades dos usos da água outorgados pelos órgãos gestores de recursos hídricos. Assim, será imperativo aprofundar as discussões e eventualmente

¹⁵ CDP é uma organização internacional, sem fins lucrativos que fornece um sistema global para empresas e cidades de medir, divulgar, gerenciar e compartilhar informação ambiental vital. Trabalha com as forças do mercado para motivar as empresas a divulgar seus impactos sobre o meio ambiente e os recursos naturais e tomar medidas para reduzi-los. CDP agora detém a maior coleção mundial de mudanças climáticas primário, água e informações de risco florestal e coloca essas ideias no coração do negócio estratégico, de investimentos e decisões políticas.

implementar e participar de outras iniciativas para que a outorga contemple o componente de mitigação dos efeitos de mudanças climáticas nos seus processos. .

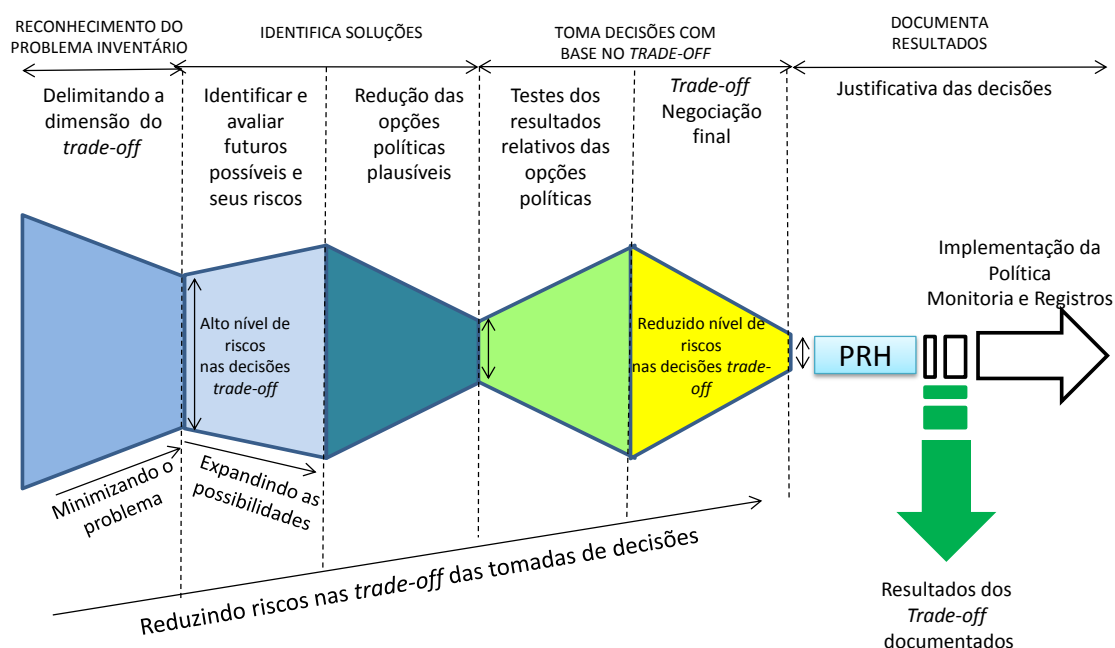
12. *Trade-off* entre custos e riscos

O envolvimento dos *stakeholders* esteve presente em todos os planos analisados que contemplaram o componente mudança climática. Esse envolvimento exige grande habilidade, transparência, e capacitação para uma visão mais holística dos recursos hídricos, tendo a bacia como uma unidade de planejamento, e não só o corpo de água onde o usuário está instalado.

O *Trade-off*, entendido aqui como a avaliação comparativa de alternativas de alocação de água em termos de custos e riscos, é necessário quando a demanda sobre o recurso hídrico excede a sua disponibilidade, e decisões precisam ser tomadas para limitar a alocação dos recursos hídricos entre os usuários, e/ou limitar o uso de água para atingir objetivos ambientais.

Os limites para decisões do *trade off* entre custos e riscos são ditados pelo nível de água necessário para atender as necessidades ambientais e o atendimento ao suprimento doméstico, dentre outros fatores.

Para um plano de recursos hídricos atingir um conjunto de resultados ótimos dentro de uma perspectiva do interesse público, os *trade-offs* entre custos e riscos precisam ser conduzidos de forma transparente e utilizando informações adequadas. A Figura 18 mostra o processo de uma operação *trade-off*, a qual ilustra bem suas fases e sua complexidade.



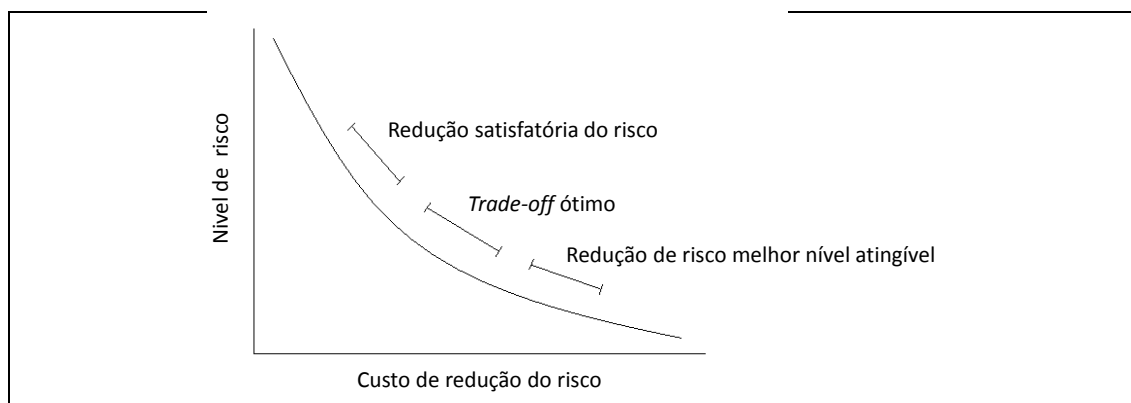
Fonte: Adaptado do NWI Policy Guidelines for Water Planning and Management – 2010 - Australia

Figura 18. Como identificar *trade-offs* presente, emergindo ou futuro.

Na experiência australiana, os responsáveis pela elaboração do plano são os que coletam e analisam os dados e informações que serão submetidos aos *stakeholders*, em uma oficina de trabalho para conduzir a avaliação de riscos. Os participantes precisam ser providos dessas informações com antecipação à realização do evento. Um registro das discussões deve ser feito conforme os seguintes itens recomendado pela Política da Iniciativa Nacional da Água por intermédio das Guias para Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos na Austrália¹⁶, como um bom exemplo:

- Cenário do evento
 - O evento ou risco
 - O que pode acontecer (a fonte do evento)
 - O que pode resultar (o impacto do evento)
- Risco
 - Probabilidade
 - Consequência
- Controle
 - Qual controle pode ser adotado
- Risco residual
 - Probabilidade
 - Consequência
- Comentários, justificativas e ações de gestão

A decisão de aceitação dos riscos precisa ser feita com base na análise dos custos e benefícios e do *trade-off* entre custos e riscos conforme mostrado na Figura 19. Esta figura ilustra que significativas reduções do nível de risco (de desatendimento aos usos da água, por exemplo) pode ser atingido com pequeno custo. Entretanto, a redução incremental dos riscos e os custos envolvidos são cada vez menores à medida em que o nível de risco diminui. Quando o nível de risco já é muito baixo, reduções incrementais de risco envolvem custos significativos. Assim, existe uma faixa ótima de nível de risco e custos envolvidos, que deve ser perseguida nos processos de alocação de água.



Fonte: NWI Policy Guidelines for Water Planning and Management – 2010 - Australia

Figura 19. Avaliação do nível de risco e os custos para sua redução

¹⁶ NWI Policy Guidelines for Water Planning and Management – 2010 – Australia

13. Modelagem de alocação de água com inserção de cenários de mudanças climáticas

Uma das poucas experiências bem sucedidas e conhecidas de uso de cenários das mudanças climáticas na alocação de água é o Pacote de Análise dos Direitos sobre o Uso da água - WRAP¹⁷, que tornou-se o modelo oficial de disponibilidade da água para fins de outorga no Estado do Texas nos Estados Unidos. (Yang e Siler, 2007).

Esse modelo foi desenvolvido pelo Dr. Ralph Wurbs do Instituto de Recursos Hídricos do Texas (da Universidade do Texas A&M). Trata-se de um *software* livre que determina disponibilidades de água e a confiabilidade de suprimento com base nos dados históricos as, para fins de definição dos direitos de uso da água. Essa confiabilidade pode ser utilizada na análise da disponibilidade de água sob algumas condições. Dentre os vários componentes do modelo WRAP, aqueles que incorporam a análise das mudanças climáticas são as vazões naturais e a evaporação dos reservatórios.

Os parâmetros de cenários das mudanças climáticas não são inseridos diretamente no modelo WRAP, mas os resultados do GCM desenvolvido pelo CCCma¹⁸ podem ser utilizados em conjunto com um modelo hidrológico para obtenção de valores que podem ser manipulados e utilizados. Isto exige um processo de várias etapas, para se chegar a resultados de disponibilidade hídrica no cenário da mudança climática desenhado.

Os passos recomendados por Wurbs (2001) para incorporar os elementos de mudanças climáticas nas análises de disponibilidade hídrica são:

- Os cenários de precipitação e temperatura modeladas, para 2040 – 2060, são obtidos do GCM do CCCma, refletindo os efeitos das mudanças climáticas;
- Os resultados do GCM são utilizados na alimentação do modelo hidrológico SWAT, o qual é utilizado na representação da hidrologia de 2050;
- O modelo hidrológico SWAT é alimentado com esses dados e com os dados históricos de modo a produzir como resultado conjuntos de valores de vazões diárias. Esses valores são ajustados para alimentar o modelo WRAP de vazões naturais mensais. Posteriormente, os resultados do modelo hidrológico SWAT são utilizados para ajustar os valores da taxa de evaporação dos reservatórios; O modelo WRAP é rodado com os dados históricos e com os resultantes do cenário de mudanças climáticas, gerando a avaliação da disponibilidade de água futura.

Qualquer combinação de modelos confiáveis pode ser usada de forma semelhante. Assim, a modelagem da disponibilidade de água em cenários de mudanças climáticas pode ser feita por intermédio da incorporação de diferentes sistemas de modelagem. O uso de cenários de mudanças climáticas em sistemas de outorga exige que resultados de modelos climáticos em escala global sejam transferidos para a escala da bacia. As técnicas usadas para isso são exploradas a seguir.

¹⁷Water Rights Analysis Package

¹⁸ Centro Canadense de Modelagem Climática e Análise, uma divisão do Serviço Meteorológico do Canadá a Unidade de Pesquisa Climática.

13.1. Modelos climáticos e o regime hidrológico

Os modelos climáticos fornecem resultados em escalas incompatíveis com a escala de planejamento de uma bacia hidrográfica como já mencionado anteriormente. Alguns processos hidrológicos, como o escoamento superficial, são representado de forma muito simplificada nos modelos climáticos.

Xu (1996b) apud Adam 2011 aponta algumas importantes lacunas existentes para integração de modelos climáticos com os hidrológicos:

- 1) A escala temporal e espacial usada pelos modelos climáticos não é compatível com as necessidades de representação hidrológica.
- 2) Devido ao fato de a troposfera ser espacial e temporalmente mais homogênea do que a superfície terrestre, os modelos de mudanças climáticas são mais eficientes em simular o clima da troposfera do que a hidrologia da superfície terrestre.
- 3) Os modelos climáticos foram concebidos para simular a circulação atmosférica em larga escala, representando bem as variáveis como vento, temperatura e pressão atmosférica, enquanto que a precipitação e nebulosidade já não são bem representadas.

Outras variáveis com grande importância no regime hidrológico, como escoamento, evapotranspiração e umidade do solo não são bem representadas nos modelos climáticos.

Como a precipitação também não é bem representada nesses modelos, a estimativa do escoamento obtido pela diferença entre precipitação e evaporação simuladas não pode ser feita com precisão.

Watts (2010) apud Adam (2011) mostra que a utilização de um modelo que não contempla o balanço de água na fase terrestre pode causar erros na simulação do ciclo hidrológico.

Como os modelos globais climáticos são usados como ferramentas para projeções de futuras mudanças do clima e o nível de detalhamento por eles fornecido ainda não é adequado, seus resultados devem ser avaliados com cautela. Mais especificamente, os elementos que precisam ser representados em estudos hidrológicos, como a topografia, cobertura vegetal, corpos de água e outra gama de processos físicos, não são adequadamente representados nos modelos climáticos, o que limita sua capacidade de previsão de futuras alterações de fluxos hidrológicos, principalmente da precipitação, em escala regional.

Essa é a razão porque vem sendo utilizada a técnica de *downscaling*, notadamente por meio de duas abordagens:

- 1) Os modelos climáticos regionais, que são modelos numéricos semelhantes aos modelos climáticos globais, mas com resolução mais fina, utilizam como dados iniciais e condições contorno os resultados da simulação do GCM. Esta técnica consiste no alinhamento de um modelo regional atmosférico a um CGM, sendo o regional forçado unidirecionalmente em todo o domínio pelas informações geradas pelo CGM (Wilby and Fowler, 2010, apud Adam 2011). Estes modelos incorporam características regionais como topografia, vegetação, solo e etc., não contempladas nos modelos globais. Vários estudos acerca do uso desta técnica de *downscaling* sugerem um melhor desempenho na simulação e previsão de distribuição de precipitação localizada

(Nobre et al., 2001; Sun et al. 2005; apud Adam, 2011) como no caso de bacias hidrográficas; e

- 2) Métodos empíricos ou *downscaling* estatístico, nos quais são desenvolvidas funções de transferência estatísticas entre os dados dos campos de larga escala e a variável de interesse na superfície (Wilby et al., 2004).

Bouwer et al. (2004) em estudo de impacto hidrológico em uma microbacia hidrográfica, propuseram *downscaling* aplicado aos dados dos modelos de mudança climática, utilizando métodos de interpolação e estatísticos, com validação para cada caso, em particular, exigindo uma grande quantidade de dados locais.

14. Utilização das experiências analisadas – vantagens e desvantagens

Dentre as experiências analisadas e comentadas na primeira parte deste trabalho, não foram encontrados modelos ou iniciativas concretas de adaptação em sistemas de outorga ou alocação de água que permitissem apontar vantagens e desvantagens quanto à sua aplicação no Brasil. Entretanto, foram encontradas experiências que são merecedoras de estudos mais aprofundados e direcionados para o aperfeiçoamento da outorga no Brasil. Assim, faz-se a seguir uma sucinta análise de elementos dessas experiências, mas, lembrando sempre que a maior conclusão deste trabalho é que as soluções devem ser locais e contar com a participação dos atores envolvidos.

A gestão integrada dos recursos hídricos e o fortalecimento da integração e coordenação institucional no âmbito de bacias hidrográficas é uma das medidas importantes no enfrentamento das complexidades geradas pelas mudanças climáticas globais, como salientado no documento da Academia Brasileira de Ciência sobre Recursos Hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro¹⁹ (2014).

A ampliação e aprofundamento do conhecimento científico em relação ao funcionamento hidrológico e às interações entre solo, clima e vegetação, na escala de bacias hidrográficas, é uma das necessidades importantes da pesquisa científica sobre os impactos das mudanças globais. O gerenciamento adequado dos recursos hídricos para enfrentar os efeitos das mudanças climáticas deveria contar com modelagem matemática e ecológica para elaboração de cenários de impactos, como extremos hidrológicos e secas prolongadas, sobre a disponibilidade de recursos superficiais e subterrâneos (Milly, 2005). Processos hidrológicos como escoamento e a infiltração podem ser afetados pelas alterações climáticas, com consequências na recarga dos aquíferos e no armazenamento de água no solo (Rebouças et al 2006); o problema consiste em se conhecer a magnitude, ou seja, a dimensão desses impactos.

Igualmente importante é identificar áreas de risco de impactos hidrológicos e desenvolver projeções sobre a reserva dos aquíferos que poderão ser afetados.

Observa-se como imperativa as adaptações na governança dos recursos hídricos face às mudanças climáticas.

¹⁹ Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento Nacional – Estudos Estratégicos

Para incorporação de cenários de mudanças climáticas em processos de outorga e alocação de água, constata-se que será vantajoso envidar esforços para estudar em mais detalhes o modelo utilizado no Estado do Texas para alocação de água (o modelo WRAP), que já permite a inserção de elementos dos cenários das mudanças climáticas em seu contexto. Nesse ponto, é importante avaliar sua aplicabilidade no Brasil e quais seriam os ajustes necessários para seu aprimoramento e uso nas bacias hidrográficas brasileiras, que certamente deverão ser identificados, quantificados e introduzidos no sistema.

Como os efeitos das mudanças climáticas serão diferentes para cada uma das regiões geográficas do País, é preciso que esse modelo seja adaptado por características das bacias hidrográficas onde se mostrarem aplicáveis.

A Lei Nº 9433, de 1997, considerada uma das mais avançadas do mundo, estabelece princípios e diretrizes para a gestão dos recursos hídricos, e já contempla descentralização da gestão, o uso de instrumentos econômicos (cobrança pelo uso da água) e a participação pública no processo decisório (Braga et al 2008). Este processo de descentralização é fundamental em um país complexo e extenso como o Brasil, dos pontos de vista ecológico, econômico, social e antropológico.

Tundisi & Matsumura Tundisi (2012) apud Academia Brasileira de Ciências (2014) recomendam que a integração entre pesquisa e gerenciamento de recursos hídricos seja efetivada em todas as bacias hidrográficas do país. A governança das águas apresentou uma evolução contínua no Brasil nos últimos 20 anos e a perspectiva é a consolidação desta tendência. A participação efetiva dos usuários e o controle social da quantidade e da qualidade da água têm aumentado, com resultados positivos, que necessitam ser universalizados no país. A introdução de sistemas de suporte à decisão que podem ser entendidos como “a transformação de dados em informações” (cf. Porto e La Laina Porto, 2008) é uma metodologia de auxílio que deve ser incorporada por etapas na gestão de bacias hidrográficas (OECD, 2003).

É preciso, em todos os casos, que decisões de compromisso resultem do encontro de todos os interesses. A aceitação de uma regra comum faz com que os conflitos sejam minimizados, o que, sem dúvida, constitui uma inovação política considerável.

Outra experiência analisada que deve ser aprofundada e estudada por bacia hidrográfica ou corpo hídrico são as aplicações de gatilhos para diferentes estágios de estresse hídrico (Austrália e Lubock). O uso de gatilhos pode ser um mecanismo que aperfeiçoa o sistema de outorga em situações críticas.

A maioria dos países estudados está voltando atenção aos planos de recursos hídricos de suas bacias hidrográficas, com a inserção da análise dos impactos e efeitos das mudanças climáticas. Este é outro elemento que o Brasil terá que incorporar em seus futuros planos de bacias hidrográficas, bem como nos planos de recursos hídricos das unidades federadas e do Distrito Federal. São várias as experiências, ainda que incipientes (por exemplo, Canadá e Austrália), que merecem referência e acompanhamento para se comparar com os aperfeiçoamentos que forem sendo introduzidos na gestão dos recursos hídricos no Brasil.

No que se refere à outorga propriamente dita, os mecanismos adotados pela ANA para o rio Verde Grande, é um dos mais aprimorados que se encontrou durante o desenvolvimento deste trabalho, ao qual se deve dar especial atenção e aplicá-lo em outras bacias críticas do País, logicamente que com as adaptações às suas características.

15. O Grande Desafio do Meado deste Século – a agricultura irrigada

São grandes os desafios a serem enfrentados pela gestão de recursos hídricos para meados deste século sendo que muitas providências precisam ser adotadas desde já. Um desses desafios refere-se à alocação de água para a agricultura irrigada: a FAO estima que é preciso triplicar a área irrigada para poder alimentar a humanidade nos próximos 35 anos, lembrando que 40% dos alimentos hoje produzidos já vêm da agricultura irrigada.

Uma vez que as superfícies irrigadas no mundo entre 1960 e 2000 dobraram, como triplicá-las nos próximos 35 anos considerando-se as limitações de disponibilidade hídrica e as incertezas decorrentes das mudanças climáticas?

O Brasil levou mais de ¼ de século para passar de 1.800.000 ha irrigados, em 1985, para 5.000.000 ha, atualmente, mostrando que com todas suas dificuldades e limitações quase triplicou sua área irrigada. Para tanto, o país contou com um Ministério Extraordinário e o Programa Nacional de Irrigação – PRONI, instituído em fevereiro de 1986.

Não é só isso, onde no mundo se tem condições para atender a essa necessidade de expansão da agricultura irrigada?

Praticamente essas regiões estão na África subsaariana e na América Latina.

Dentro da América Latina, o Brasil é o país que tem o maior potencial, por isso mais exposto a pressões, uma vez que dispõe de energia do sol, solo e água, fatores esses essenciais à produção de alimentos, fibra e agro energéticos, além de conhecimento e recursos humanos capacitados. (ver Figura 20).

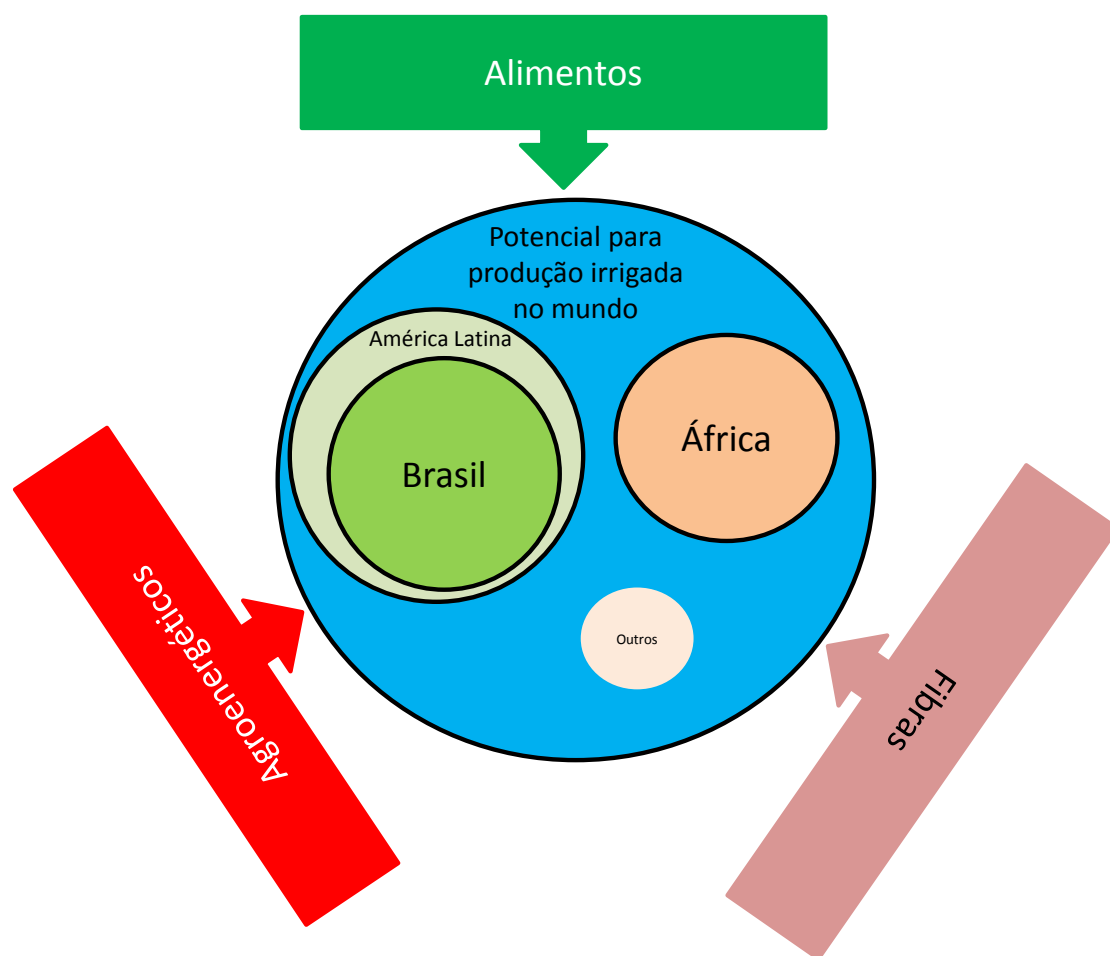


Figura 20. Potencial para agricultura irrigada no mundo e as pressões para triplicar sua produção

A África, fora os aspectos culturais que terão que ser trabalhados, o que leva tempo, apresenta disparidades geográficas que exigem infraestruturas para assegurar oferta de água. Nas suas grandes bacias do Nilo, Congo, Senegal, Orange, Zambeze, Limpopo e Niger se encontram o maior contingente populacional que não têm acesso à água potável e sistemas de saneamento. O rio Niger pode até desaparecer devido à falta de entendimentos entre os países por ele drenados. Além disso, o consumo de água contaminada causa a mortalidade de milhões de pessoas, e faltam reservatórios para prática da irrigação.

Camdessus, ex-diretor Geral do FMI mostra que "os problemas não andam nunca sós, e não é surpreendente que os países africanos tenham colocado a água no primeiro lugar das prioridades do *New Partnership for African Development* - NEPAD".

Alia-se a esses desafios o alerta do relatório das Nações Unidas de que 20% do aumento das ocorrências de falta de água já são ligadas às mudanças climáticas.

Para enfrentar esse desafio, é preciso muita determinação, decisão política e continuidade de ações, pois só se fará algo se as ações que precisam ser tomadas agora forem de longo prazo. É imperativo compreender antes de agir; esta é a essência do princípio da precaução.

O Brasil, por ser o país com maior potencial para expansão da agricultura irrigada, estará sujeito às pressões²⁰ de toda natureza, e quando se tem demanda o desenvolvimento pode acontecer independentemente de planejamento e o almejado desenvolvimento sustentável não é atingido. Essa lição é histórica e praticamente quase todos os povos já a vivenciaram.

Vários autores têm mostrado que a gestão da água deve estar integrada não só à gestão do meio ambiente, mas também à política agrícola, à política industrial e à energética, e à administração da ocupação do território, ao planejamento de infraestruturas e meios de transporte.

Essas pressões certamente, se não houver um planejamento e políticas públicas adequadas, podem levar a desastres. É imperativo partir do atendimento das demandas já projetadas, com implicações no uso de recursos como a água, a qual precisa ser gerida de modo a prevenir e arbitrar conflitos entre os diversos setores usuários. Nesse ponto, a agricultura merece destaque, pois a água retirada para irrigação está em torno de 70% de toda a água utilizada no mundo, enquanto que para a indústria 20% e para o uso de água nas residências 10%.

É preciso lembrar que ocorrendo demandas por alimentos, fibras e agroenergéticos, as forças do mercado impulsionarão o sistema de produção, por isso cabe ao Governo planejar com a devida antecedência esse setor usuário de água.

Entretanto, há dificuldades no planejamento setorial, uma vez que o país não conhece ainda seu potencial agrícola. Existe um número que todos citam, originado de estudos incipientes do PRONI, que avalia esse potencial é de cerca de 30 milhões de hectares irrigados. Novos estudos, realizados com o uso das ferramentas modernas de levantamento e análise das disponibilidades hídricas, ainda sem considerar os efeitos das mudanças climáticas, mostram que esse número está totalmente ultrapassado.

Só a título de exemplo, o Estado de Goiás, quando do desenvolvimento do PRONI, tinha um potencial estimado da ordem de 1,5 milhão de hectares irrigáveis. Entretanto, os levantamentos à época foram restritos a culturas de grãos, pois o país precisava vencer a barreira dos 50 milhões de toneladas de grãos por ano, e encontrava sérias dificuldades para vencer essa barreira; portanto não foi levado em consideração o potencial para outras culturas como a cana-de-açúcar, café, etc. Depois, um estudo mais acurado elaborado por profissionais do próprio Estado mostraram um potencial de cerca de 3 milhões e hectares irrigáveis. Mais recentemente, já no século XXI, um estudo que o Governo do Estado não concluiu, com apoio do Ministério da Integração Nacional, identificou cerca de 8,2 milhões de hectares irrigáveis> Esse número não está muito diferente do que a EMBRAPA identificou como potencial para a produção de café irrigado nesse Estado: 10 milhões de hectares, com números semelhantes para o potencial de produção de cana-de-açúcar.

Alia-se a este uso da água as demandas de energia, pois a irrigação neste país não se faz sem ela. Como a demanda energética média está na ordem de 1,0 a 1,4 kw/ha, além de investimentos para que a irrigação no Brasil se desenvolva com o uso de menos água

²⁰ A pressão só existe verdadeiramente quando se trata de água para agricultura, que obedece tanto a imperativos econômicos quanto a imperativos da paz social. CAMDESSUS, et ali (2005)

(produzindo mais produto com menos água), são necessários investimentos para que a produção ocorra, também, com menos energia consumida por metro cúbico de água utilizada.

As incertezas deste panorama exigem mais planejamento e aprofundamento do conhecimento de nossas reais potencialidades, o que agora deve contemplar mais incertezas em face às mudanças climáticas. Ainda não há iniciativas do Governo até agora nesse sentido.

A maior questão a ser resolvida está no fortalecimento institucional deste subsetor da agricultura irrigada, incluindo como requisito a exigência de capacitação de dirigentes de órgãos estratégicos, como a Secretaria Nacional de Irrigação. Entretanto, a agricultura irrigada está órfã. É necessário que haja impulsionamento político e da iniciativa privada para ação e enfrentamento dos gigantescos desafios, tendo em vista as pressões pela demanda de alimentos, fibras e agronegócio se aproxime. As perspectivas, com todo o potencial existente neste país, não são muito boas.

Urge que se saiba concretamente: o que fazer? Como fazer? Quando fazer? E a mais difícil de todas as perguntas, quem pagará?

A resposta às três primeiras questões está num planejamento de longo prazo, que precisaria ter sido iniciado há mais tempo, com profissionais com domínio do conhecimento tanto na área pública como privada.

Oportuno registrar que a irrigação no Brasil é dominada pela iniciativa privada, tanto de pequenos, médios e de grandes agricultores irrigantes.

A irrigação pública desempenhou importantes e estratégicos papéis no Brasil a partir da década de 1970. Foi importante como demonstração e pioneirismo para o desenvolvimento de regiões deprimidas economicamente, principalmente onde as condições climáticas não permitem exploração agrícola de forma competitiva, transformando o que era um problema em vantagem competitiva. Foi também um grande laboratório para que a iniciativa privada decidisse investir nessas regiões e nesse setor, bem como desenvolveu a capacitação de profissionais em todos os níveis.

Ao mesmo tempo que exerceu esse papel as sucessivas discontinuidades de políticas públicas a colocaram numa situação adversa, na qual a fase de obras é priorizada e as demais fases de operação, manutenção e produção são negligenciadas. Entretanto, são essas fases que asseguram resultados em termos de geração de riqueza, ocupação de mão-de-obra, valorização do homem do campo e desenvolvimento sustentável de várias regiões.

Atualmente, existem cerca de 23 projetos públicos de irrigação construídos ou em construção, em parcerias do Ministério da Integração Nacional com algumas Unidades Federadas, com recursos federais (90%) que carecem de maior atenção governamental²¹. Ao que tudo indica, apenas dois desses projetos estão funcionando razoavelmente. Assim, a atual situação precária da maioria desses projetos leva ao descrédito de tais iniciativas governamentais, embora sejam essenciais ao desenvolvimento do setor agrícola do país.

²¹21 Fatos como este demonstram a importância de iniciativas como o CERTOH para assegurar o funcionamento das obras hidráulicas.

Os projetos públicos exigem vultuosos investimentos iniciais e não apresentam resultados imediatos: só começam a conseguir algum retorno do investimento depois de sete ou oito anos. Esses prazos podem ser considerados muito longos quando comparados com aqueles referentes a investimentos em outros setores, como telecomunicações ou rodovias, por exemplo. Isto torna os investimentos públicos nesse segmento menos atrativos que os outros, além de serem mais sensíveis a diferentes formas de riscos, como o risco político (referente ao possível uso político de projetos públicos que atendem a comunidades locais, que reduz a eficiência econômica do projeto) e o risco institucional (referente ao à possível descontinuidade da atuação das instituições responsáveis pela implantação do projeto).

Durante a vigência do Programa Nacional de Irrigação - PRONI (1986 a 1990) havia preocupação com esses riscos, tanto que foi desenvolvido um competente estudo para definição de políticas e critérios para condução dos investimentos públicos na agricultura irrigada e para estímulo à participação privada, num documento intitulado "Resenha Setorial da Irrigação no Brasil" (1988). Esse documento poderia ser analisado quando das sucessivas mudanças institucionais e ministeriais.

Este panorama mostra que o Governo tem que criar mecanismos institucionais para incentivar e expandir a irrigação privada. Para isso, tem que investir em estudos básicos em regulação para haja confiança em investir em agricultura irrigada, fortalecimento institucional, e garantia de oferta de água e energia de acordo com as necessidades do setor.

Além disso, existe a questão do financiamento do setor. Trata-se de se definir estratégias que reconciliem as participações dos setores público e privados, e dos pequenos, médios e grandes agricultores irrigantes: é preciso desmistificar que a irrigação é só para grandes produtores. Vivemos a era do desenvolvimento sustentável e, com ele, é necessário ressaltar uma abordagem cada vez mais de parceria, para que todas as facetas do problema possam ser levadas em conta o mais plenamente possível.

No mundo, a demanda por investimentos no setor de água para atendimento da população, está estimada em 100 bilhões de dólares anuais para o próximo quarto de século. A produção de alimentos, fibra e energia terá que competir nesse quadro, o que exigirá bons projetos e competência para assegurar bons resultados.

A mobilização das unidades federadas e dos organismos de bacias hidrográficas é importante para que sejam avaliadas as necessidades e oportunidades de investimentos.

Os recursos existentes devem ser usados de maneira mais eficaz e de modo a estimular novos financiamentos provenientes de todas as categorias possíveis de investidores. Os investimentos públicos devem estar voltados para alavancar e atrair outros investimentos. Outros obstáculos, de natureza ideológica, política, e tecnológica, também devem ser superados.

Considerando-se essa avaliação conjuntural da agricultura irrigada, que a qualquer momento pode mudar devido às pressões já mencionadas, volta-se a questão das outorgas e das incertezas quanto às mudanças climáticas. Além de um planejamento setorial competente, com conhecimento das potencialidades de irrigação em cada bacia hidrográfica e das infraestruturas disponíveis e necessárias, é preciso estabelecer estratégias para enfrentar os efeitos e os

impactos das mudanças climáticas, para se poder atuar tanto na oferta como na demanda de água. Na oferta de água, essas estratégias incluem soluções como reservação e redundância e proteção de fontes de suprimento de água. Na demanda de água, essas estratégias incluem o cadastro e levantamento de usos da água e políticas públicas de melhoria da eficiência das práticas da agricultura irrigada. Por exemplo, é importante registrar que o Cadastro de Irrigação levado a efeito em 2014 pela Superintendência de Irrigação da Secretaria da Agricultura do Estado de Goiás mostrou que mais de 2/3 dos equipamentos de irrigação em uso, principalmente os pivôs centrais, já venceram sua vida útil. Portanto, devem estar funcionando com eficiência precária tanto na aplicação de água como no uso de energia.

Além das questões referentes à oferta e demanda de água, o sistema de outorga pode ser aperfeiçoado por meio da implantação de outorgas coletivas, para que grupos de usuários de água espacialmente dispersos possam ser efetivamente regulados. Não se terá ferramenta mais eficiente, eficaz e com efetividade do que esse tipo de outorga, o que facilitará inclusive a fiscalização das regras de uso da água.

16. Conclusões e Sugestões

A seguir são apresentadas conclusões e sugestões de aperfeiçoamento dos sistemas de outorga e alocação de água do país, à luz da análise das experiências internacionais estudadas e discussões desenvolvidas ao longo do trabalho.

Primeiro, é preciso investir em monitoramento meteorológico e hidrológico, e no avanço do conhecimento científico sobre mudanças climáticas e seus efeitos sobre o comportamento hidrológico terrestre. Tal iniciativa poderá se beneficiar da integração dos equipamentos, recursos e profissionais. Também, a maior quantidade e confiabilidade de dados poder atenuar os efeitos de eventos climáticos críticos e embasar um sistema de outorga aprimorado; um sistema que leve em conta não só as mudanças climáticas, mas as flutuações cíclicas dos eventos críticos como as enchentes e secas. É um serviço público fundamental para acompanhamento das variações climatológicas e para avaliação se a mudança climática está de fato ocorrendo. Assim, tal serviço de informações tem impacto imenso na vida das pessoas, na economia e no desenvolvimento do país.

Em segundo lugar, as medidas identificadas para aperfeiçoamento de sistemas de outorga não serão efetivas sem a participação das comunidades afetadas pelas mudanças climáticas. Por isso, tem-se a convicção de que é necessário adotar medidas inovadoras e participativas para enfrentar situações de escassez de água, tanto em quantidade como em qualidade.

Terceiro, sugere-se que os pedidos de outorgas, dependendo do porte do empreendimento, venham acompanhados de planos de contingências, para ser acionado quando se atingir níveis críticos de disponibilidade hídrica. Tais planos de contingência podem tornar a outorga um instrumento mais efetivo para a garantia do acesso à água em situações de estresse hídrico, de uma forma que implique nos menores custos possíveis para o solicitante da outorga, contribuindo assim para o desenvolvimento econômico e social regional. Assim, sugere-se que

a ANA efetue um estudo mais aprofundado de como deve ser concebido e acionado esses planos de contingência.

Além disso, é preciso antecipar e agir preventivamente, pois como os impactos das mudanças climáticas vão afetar todos os segmentos, tem-se que preparar desde já para se lidar com o novo cenário global do clima. Essa é uma questão estratégica para quem planeja o desenvolvimento deste país, sem esquecer a necessidade de avaliação das variações climáticas naturais em comparação aos padrões das mudanças climáticas, que devem ser validados pela academia.

Adicionalmente, sugere-se que a ANA aloque um de seus profissionais para estudar o modelo WRAP desenvolvido no Texas, de modo a promover as adaptações necessárias para sua aplicação nas condições das bacias brasileiras, e uso dos modelos de circulação global que o Brasil está adotando no âmbito dos estudos de adaptação às mudanças do clima, conforme descrito anteriormente.

Em todas as análises feitas, vários aspectos das mudanças climáticas sobre a disponibilidade hídrica ainda devem ser investigados em maiores detalhes e requerem validação científica. Assim, devem-se buscar soluções de adaptação às mudanças climáticas de forma flexível: a medida definida hoje deve maximizar a flexibilidade das decisões futuras, e ser desenvolvida com base em evidências: conhecimento científico, pesquisa, monitoramento, e experiência prática. Nesse contexto, a revisão do Plano Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, concluída em 2011, aponta dentre as suas diretrizes, a necessidade de internalizar as mudanças climáticas no processo de planejamento dos recursos hídricos e também para a necessidade de articulação da política nacional de recursos hídricos com outras políticas setoriais, embora não mencione as comparações e análises com as variações naturais do clima. Assim, é importante que o processo de planejamento incorpore cuidadosamente as incertezas predominantes no estágio atual do conhecimento, sobre a magnitude e abrangência dos possíveis impactos e efeitos das mudanças climáticas na distribuição espacial e temporal dos recursos hídricos.

Por fim, marcos de governança para convivência com as mudanças climáticas precisam ser adequadamente implementados em cada bacia hidrográfica, considerando:

- A adaptação às mudanças climáticas, por intermédio de um enfoque em ecossistemas.
- O desenvolvimento de enfoques integrados que prevejam intervenções de curto, médio e longo prazo, para adaptação às variações climáticas esperadas.
- As muitas dúvidas e incertezas sobre os impactos das mudanças climáticas- o que de fato é a variação do clima em si e o que é resultado de mudanças do clima.
- A elevação da prioridade do tema na agenda política.

16.1 Alerta

Este trabalho não permite tirar conclusões concretas sobre as causas de mudanças climáticas, mas levanta muitas dúvidas, as quais ainda carecem de muito embasamento técnico científico para permitir que essas recomendações sejam feitas. Por isso, ao final, o trabalho apresenta apenas sugestões e recomendações específicas referentes à adaptação de sistemas de outorga

e alocação de água ao contexto de alterações futuras da disponibilidade hídrica, considerando-se as incertezas quanto às suas causas.

Conforme descrito anteriormente, existem divergências de opiniões entre os próprios cientistas sobre as causas e consequências das mudanças climáticas. Alguns cientistas não estão convencidos de que as mudanças climáticas estão acontecendo, pelo menos na forma como tem sido abordada pela corrente que tem mais acesso à mídia, que defende a tese do aquecimento global antropogênico (AGA).

Das análises, consultas e entrevistas feitas, achou-se por bem acrescentar as posições de um grande e respeitável cientista, o Professor Dr. Luíz Carlos Molion, PhD em Meteorologia pela Universidade de Wisconsin, USA, em 1975, e docente da Universidade Federal de Alagoas. As análises do prof. Molion têm mostrado que os conceitos do AGA, como vêm sendo colocado por vários outros cientistas, não estão de acordo com a realidade dos dados observados atualmente, considerando-se tanto dados convencionais como os obtidos por satélites, e com evidências paleoclimáticas, que descrevem qualitativamente o clima global do passado pelo emprego de testemunhos, como anéis de crescimento de árvores, cilindros de gelo e sedimento de fundo de corpos d'água.

Esse Professor mostra que o clima global varia naturalmente e já esteve mais quente no passado: nos últimos dez mil anos, ocorreram, no mínimo, quatro períodos quentes significativos, em épocas em que as emissões de CO₂ e de metano eram provenientes dos mecanismos da própria natureza quase em sua totalidade (Figura 21).

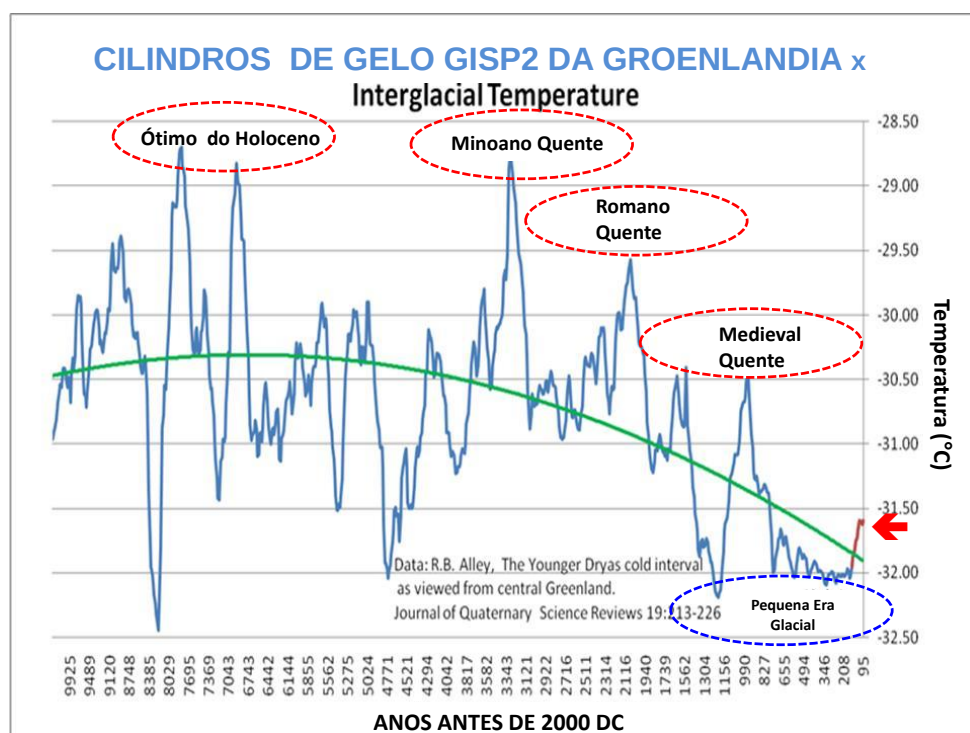


Figura 21. Variação da temperatura nos últimos 10 mil anos (Holoceno) estimada por meio dos cilindros de gelo do Greenland Ice Sheet Project 2 (GISP 2) (apud Molion , 2015).

Observa-se, nessa Figura, que, de maneira geral, os períodos quentes permitiram o desenvolvimento das civilizações antigas, como Amoritas, Babilônios e Egípcios. Em particular, o Período Romano Quente foi o da expansão daquele império que, por ter sido um período quente e úmido, permitiu aos povos conquistados continuarem com suas atividades produtivas. Contudo, à medida em que a temperatura foi baixando, os desequilíbrios climáticos levaram ao declínio da produção agrícola, que gerou fome e insurgências dos povos dominados contra os Romanos, culminando com o declínio daquele império.

Nos últimos 130 anos, a temperatura apresentou valores mais elevados do que os atuais nos anos 1930 e 1940, conforme mostrado na Figura 22. Note-se que foi após a Segunda Grande Guerra que começou o boom da industrialização, onde as emissões pela queima de materiais combustíveis fósseis, como petróleo e carvão mineral, dispararam e a temperatura caiu ao invés de continuar a aumentar (linha tracejada vermelha). Existem dúvidas ainda sobre a origem antropogênica do aumento da concentração de CO₂ no período pós-guerra.

SÉRIE DA TEMPERATURA NO ÁRTICO MÉDIA DE 8 ESTAÇÕES ENTRE 1880 E 2004 (FONTE DE DADOS :CRU/UEA-JONES ET AL)

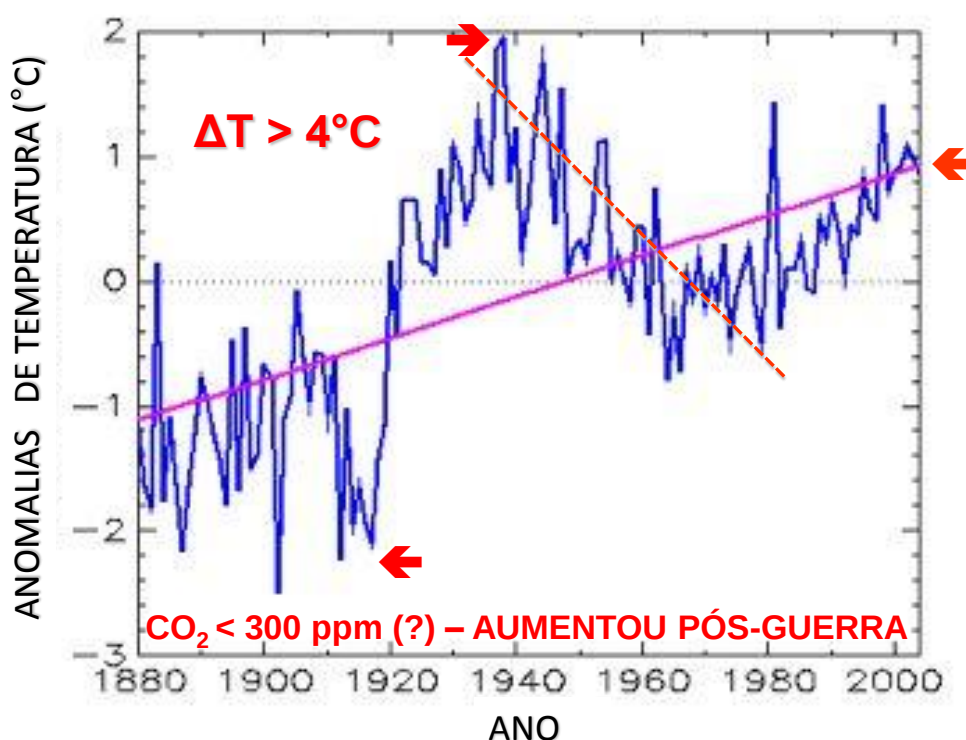


Figura 22. Série temporal da temperatura média de 8 estações no Ártico desde 1880.

É evidente o grande salto da temperatura entre 1920-1940 quando as emissões humanas eram incipientes e concentração de CO₂ era inferior a 300 ppm. Nota-se a queda da temperatura pós-guerra. (apud Molion, 2015).

Por outro lado, os dados de temperatura da baixa troposfera tropical, com base nas Microwave Sounding Units (MSU) a bordo de satélites (Figura 23), mostram que a temperatura global tem variado de $\pm 0,5^{\circ}\text{F}$ em torno da média (linha do zero) e apresentou um ligeiro declínio nos últimos anos, e não um aumento como era de se esperar com aumento da concentração de CO_2 e intensificação do efeito-estufa, como a teoria do AGA prevê. Aqui começam a sobressair os paradoxos desta questão: as observações mostram o contrário do que os apologistas das mudanças climáticas discursam.

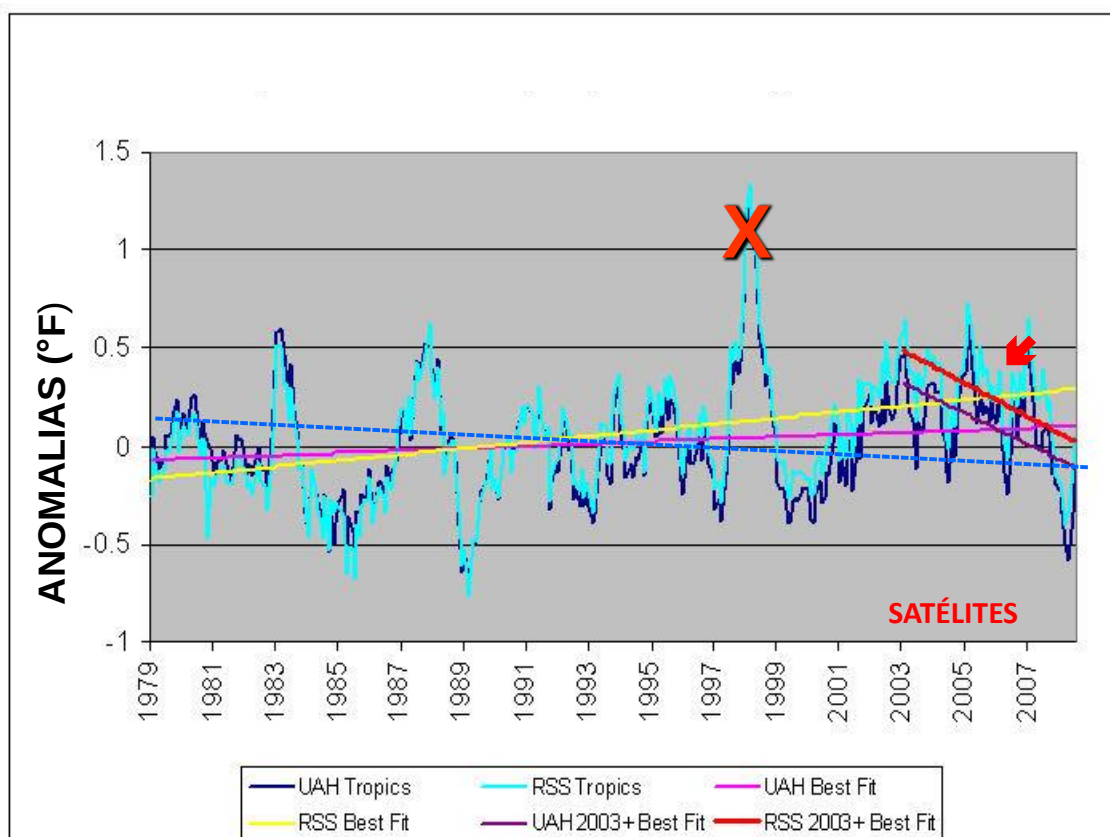


Figura 23. Variação da temperatura da baixa troposfera global estimada pelas Unidades de Sondagem por Micro-ondas (MSU) a bordo de satélites (apud Molion, 2015).

O Professor Molion afirma categoricamente que o CO_2 não controla o clima global. Nota-se, na Figura 24, que a concentração de CO_2 aumentou 10% nos últimos 17 anos, mas, ao contrário do previsto, a temperatura média global permaneceu estável. Em adição, o CO_2 emitido pela queima de combustíveis fósseis, como petróleo, carvão mineral e gás natural, é ínfimo quando comparado com as emissões naturais. Os fluxos naturais de CO_2 , oriundo dos oceanos, solos e da biota, são estimados em 200 bilhões de toneladas por ano (GtC/ano), com uma incerteza de ± 40 GtC/ano, enquanto que os fluxos antropogênicos são apenas 7 GtC/ano (3% dos fluxos naturais), incluído metano, cuja concentração tem se mantido estável nos últimos 20 anos. Portanto, segundo o Prof. Molion, “o efeito estufa, como descrito na literatura, nunca foi provado cientificamente. Sua intensificação pelo aumento de CO_2 fere as leis da conservação de energia e o papel do CO_2 , como absorvedor e emissor de radiação infravermelha térmica emitida pela superfície terrestre, deve ser revisado à luz dos conceitos da Mecânica Quântica.”

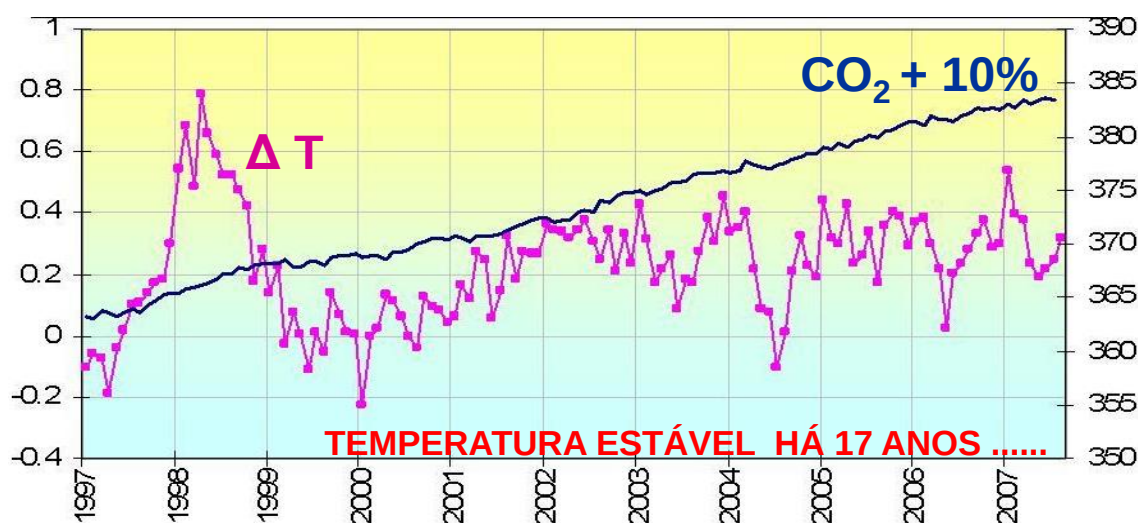


Figura 24. Variação da temperatura média global (eixo vertical esquerdo, °C) e a variação da concentração de CO₂ (eixo vertical direito, ppmv) nos últimos 17 anos (apud Molion, 2015).

A Figura 25 mostra que a taxa de variação do rebanho de gado ruminante, considerado o maior vilão da emissão de metano, aumentou e o metano não.

ANIMAIS RUMINANTES E A CONCENTRAÇÃO DE METANO NA ATMOSFERA

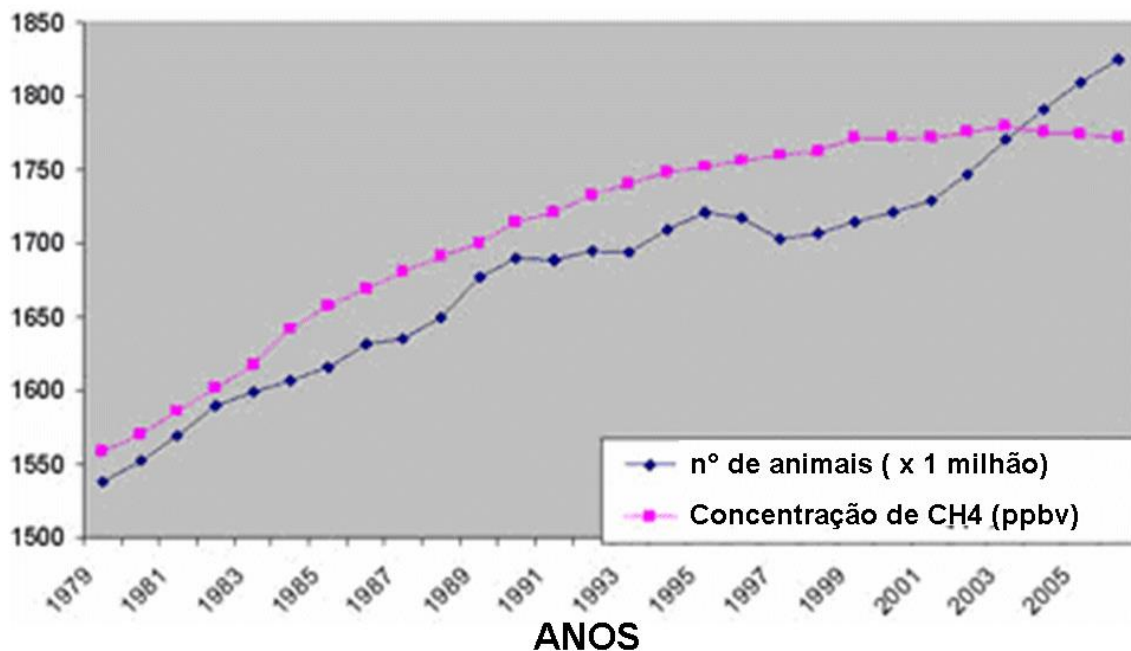


Figura 25. Variação da taxa de crescimento da população de animais ruminantes e a variação da concentração de metano na atmosfera.

Nota-se que, a partir de 1998, a taxa de crescimento do n° de animais se acelerou e o metano permanece estável (apud Molion, 2015).

Em resumo, a redução de 5.2% do total de emissões antropogênicas de 7 bilhões GtC/ano, ou seja aproximadamente 0,3 bilhões GtC/ano, proposta pelo Protocolo de Kyoto em 1997, e não cumprida, parece ser questionável no que se refere ao controle do efeito estufa e da temperatura média global. Países desenvolvidos aparentemente parecem concordar com a inutilidade desse Protocolo. A Alemanha é exemplo do paradoxo da transição energética (energiewende) global para energias limpas, pois está implantado 23 novas usinas termelétricas a carvão e a linhito, com aumento de 12 GW de potência em sua capacidade de geração até o final de 2015. Outro exemplo é o Japão que, após o acidente de Fukushima, desativou as usinas nucleares e está usando mais termelétricas a carvão. Obviamente, esses dois países estão emitindo mais carbono para a atmosfera e contribuindo para aumentar sua concentração. Certamente, seus governos devem ter sido informados por seus cientistas que o CO₂ não interfere no clima global. Convém ressaltar que o preço do carvão no mercado internacional está inferior a US\$ 80/tonelada, o que propicia um custo mais barato do MWh gerado com carvão quando comparado com gás natural e petróleo. Esta é uma questão que países em desenvolvimento como o Brasil têm que estar atentos, pois podem enveredar por um caminho que os colocará mais ainda na contramão do desenvolvimento. Como enfatiza o Prof. Molion, “reduzir emissões implica em gerar menos energia elétrica, menor desenvolvimento humano e econômico, e mais miséria e desigualdades globais”.

Deve-se que tomar muito cuidado quando se afirma que está ocorrendo degelo dos Polos Ártico e Antártico provocado pelas ações antrópicas, pois os registros e publicações do passado, como os das décadas dos anos 1920 e 1930, mostram que o degelo já ocorreu anteriormente, quando as atividades humanas e a concentração do CO₂ eram muito baixas relativamente às atuais. A Figura 26 mostra a variabilidade da temperatura da superfície (TSM) do Oceano Atlântico Norte desde 1856, a chamada Oscilação Multidecadal do Atlântico Norte (OMA), que controla o clima da Europa Ocidental e a cobertura do gelo no Ártico.

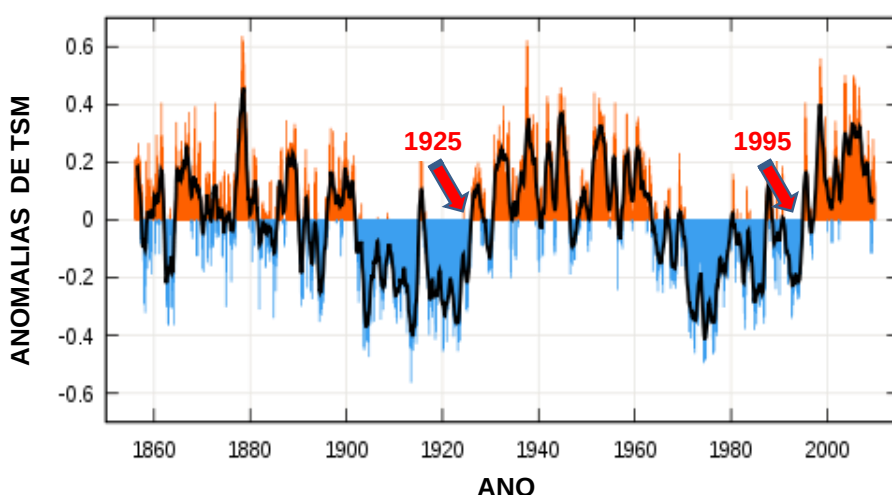


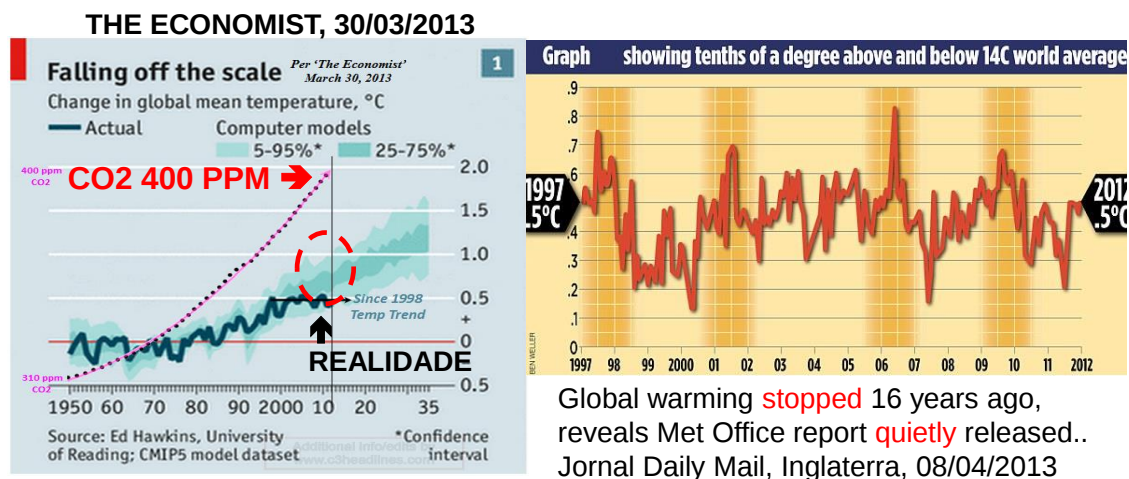
Figura 26. Oscilação Multidecadal do Atlântico Norte (OMA), mostrando a variabilidade das TSM ao longo dos anos.

Observam-se os aumentos em 1925 e 1995 (apud Molion, 2015).

Observa-se que o Atlântico Norte se aqueceu a partir da década dos anos 1920 e ocasionou o degelo reportado naquela época por uma expedição norueguesa. A partir de 1995, as anomalias de TSM voltaram se tornar positivas, tendo sido a causa do derretimento recente da cobertura de gelo no Ártico. Nota-se que o fenômeno é repetitivo, com intervalo de aproximadamente 70 anos, e, portanto, sua causa é natural e não antrópica.

Os adeptos do AGA afirmam que ele produzirá uma frequência maior de fenômenos meteorológicos extremos, como secas severas e inundações. Os Professores Pereira Filho e Molion têm chamado a atenção para não se confundir intensidade de fenômenos meteorológicos com a vulnerabilidade social decorrente de uma população crescente em número. A pior seca global que se tem registro ocorreu em 1877-79 e matou mais de 500 mil nordestinos e mais de 5 milhões de asiáticos. Uma das mais intensas ondas de calor registrada no leste da América do Norte ocorreu em 1896 e matou mais de 3 mil pessoas somente em Nova York. O furacão mais mortífero que adentrou nos USA foi o de 1900, que dizimou metade da população de Galvestone, Texas, oportunidade em que mais de 10 mil pessoas perderam a vida. Portanto, as catástrofes meteorológicas sempre existiram independentemente de o clima global estar quente ou frio. O aumento populacional, particularmente do segmento mais pobre da sociedade, é que é responsável pelas tragédias resultantes dos eventos extremos, que são fenômenos de tempo e não de clima.

A respeitada revista The Economist de 30/3/2013 coloca que o aquecimento global paralisou nos últimos dezesseis anos. Figura 27.



EUROPE'S flagship environmental policy has just been holed below the water line. On April 16th the European Parliament voted by 334 to 315 to reject proposals which (its supporters claimed) were needed to **save the emissions-trading system** (ETS) from collapse. Carbon prices promptly fell 40% (see chart). Some environmentalists fear that the whole edifice of European climate policy could start to crumble...Carbon metric ton down to **€ 2,46!?** (THE ECONOMIST, 16/04/2013).

Figura 27. Artigo da revista The Economist sobre mudança climática paralisando aquecimento.

Observa-se a manifestação da mídia internacional em final de março de 2013 quando o Serviço Meteorológico Inglês (Met Office) anunciou que, contrariamente às previsões feitas pelos MCG, a temperatura média global permaneceu estável durante 16 anos passados (apud Molion, 2015).

Os modelos climáticos globais (MCG), cujos resultados são utilizados para “prever” as catástrofes climáticas, estão repletos de questionamentos que não permitem, pura e simplesmente, a aceitação de seus resultados. Os MCG não conseguem reproduzir as estruturas básicas do clima global, principalmente pela deficiência de tratamento do ciclo hidrológico, no que concerne à formação da cobertura de nuvens e produção de chuvas. Não conseguem reproduzir satisfatoriamente a variabilidade, tanto espacial como temporal da temperatura da superfície dos oceanos (TSM), não armazenam e transportam calor para fora dos trópicos como o observado e não conseguem reproduzir, por exemplo, o fenômeno El Niño. Ora, os oceanos constituem 71% da superfície terrestre e a atmosfera é aquecida por baixo, o ar se aquece em contato com a superfície. Se os MCG não reproduzem fielmente as TSM, como poderão prever as variações futuras do clima global? Os MCG, por exemplo, não conseguiram prever a seca de 2014/2015 com 3 meses de antecedência! Portanto, sua habilidade em prever as variações do clima global daqui a 100 anos é questionável.

O Relatório de Avaliação Nacional – N° 1 (RAN1) do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, publicado em agosto de 2013, apesar de ter previsto cenários catastróficos para a agricultura e disponibilidade de recursos hídricos em território nacional, concorda que tais previsões estão cheias de incertezas, como mostra , a seguir, o texto extraído desse Relatório:

Incerteza sobre os cenários de emissões: as emissões globais de GEE são difíceis de prever, em virtude da complexidade de fatores socioeconômicos, como demografia, composição das fontes de geração de energia, atividades de uso do solo e do próprio curso de desenvolvimento humano em termos globais; **Incerteza sobre a variabilidade natural do sistema climático:** os processos físicos e químicos da atmosfera global são de natureza caótica, de forma que o clima pode ser sensível às mudanças mínimas (variações não lineares), que são difíceis de serem mensuradas tanto nos dados observacionais como nos resultados dos modelos; e **Incertezas dos modelos:** a capacidade de modelar o sistema climático global é um grande desafio para a comunidade científica, sendo fatores limitantes a representação ainda incompleta de alguns processos, como o balanço de carbono global e regional,

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) e o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) não fazem **previsões**, mas, sim, projeções climáticas por meio dos modelos de clima global (MCG), já mencionados neste relatório, modelos esses que não representam adequadamente os processos físicos que controlam o clima e utilizam cenários de concentração de dióxido de carbono fictícios, gerados pela mente humana. Os resultados ou projeções desses modelos, portanto, são meros exercícios acadêmicos que não se prestam para planejamento das ações humanas e do bem estar social. Esses modelos nunca foram validados. Daí a grande

questão que Prof. Molion nos coloca, quando se refere aos recursos financeiros superiores, no mínimo, a US\$ 150 bilhões já dispendidos para elaborar tais previsões: **“QUE BENEFÍCIOS ESSES RESULTADOS TRAZEM PARA A SOCIEDADE?”**.

O Professor Molion é muito enfático ao dizer que “sim, ocorrem mudanças climáticas, mas naturais e o pior é que as observações apontam para um ligeiro resfriamento global nos próximos 10-15 anos”. O sol, que é a principal fonte de energia, está entrando num período de baixa atividade que ocorre a cada 100 anos. Esse período começou em dezembro de 2008 e deve durar até 2032. Os oceanos, em especial o Pacífico, um dos principais controladores do clima global, está esfriando e permanecerá frio, em média, possivelmente até 2030. É a denominada Oscilação Decadal desse oceano (ODP) conforme pode ser visto na Figura 28.

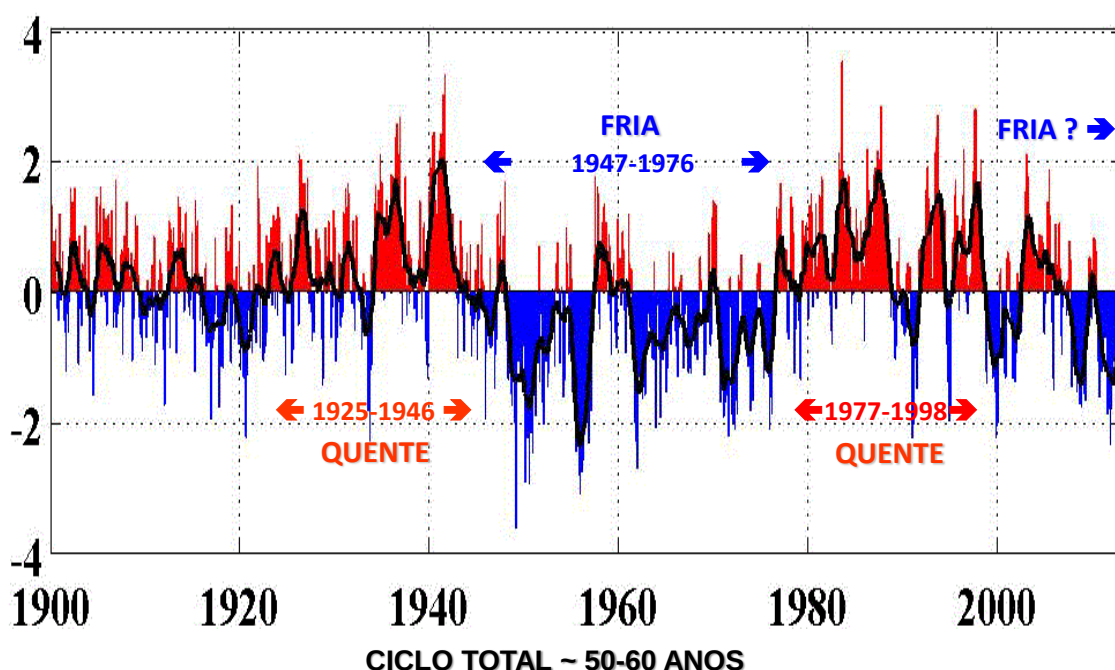


Figura 28. Oscilação Decadal do oceano Pacífico (ODP).

Notam-se dois períodos de aquecimento, um entre 1925-1946 e outro entre 1977-1998 e o período de resfriamento entre 1947-1976. A partir de 1999, parece ter começado outro resfriamento. (apud Molion, 2015).

A ODP tem um ciclo de 50-60 anos durante o qual se têm 25-30 anos de aquecimento seguidos por 25-30 anos de resfriamento. Foram dois aquecimentos registrados entre 1925-1946 e 1977-1998 e um resfriamento intercalado, entre 1947-1976. Como foi dito, a atmosfera é aquecida por baixo e o Oceano Pacífico cobre 1/3 da superfície terrestre. Quando as TSM do Pacífico mudam, o clima e a temperatura média global também mudam. O aquecimento global ocorrido entre 1977 e 1998 parece ter sido causado pelo aquecimento do Pacífico. Portanto, foi natural e não causado pela intensificação do efeito estufa devido ao aumento das emissões de CO₂, conforme querem os advogados do AGA. Esse aquecimento terminou em 1998 (Figura 27) e, como já foi mencionado, o Oceano Pacífico está sinalizando um resfriamento nos próximos 10-15 anos que, de maneira geral, trará reduções de precipitação e invernos mais rigorosos, um clima global semelhante ao que foi observado no último resfriamento (1947-1976).

Em face dessas divergências, como devem ser tomadas as decisões e como deve ser o planejamento da gestão dos recursos hídricos?

O que deve ser feito é ter em conta que o clima varia por causas naturais, pois os eventos extremos sempre ocorreram com o clima frio ou quente, o que exige lançar mão de ferramentas como o **planejamento** de longo prazo e a **adaptação** à nova situação, independentemente das causas que levaram à mudança do clima.

Se as atuais concentrações de CO₂ não controlam o clima, reduzir suas emissões ainda é inútil no que se refere ao clima global. Entretanto, deve-se considerar que o crescimento contínuo das concentrações de gases que contribuem para o efeito estufa na atmosfera, como de CO₂, em algum momento contribuirão para o aquecimento global. Por outro lado, o controle de emissões pode ser desastroso no que se refere ao desenvolvimento econômico e social, pois emitir menos implica em gerar menos energia elétrica com as fontes convencionais, já que 80% da matriz energética global estão baseados nos combustíveis fósseis. Como energia elétrica confiável é um dos pilares de sustentação da sociedade moderna, é necessário diversificar a atual matriz energética. Em adição, o CO₂ não é gás tóxico, não é vilão. É o gás da vida, pois fertiliza as plantas, assegurando maior produtividade pela fotossíntese, como já foi demonstrado por mais de 1500 ensaios agrônômicos nos quais foi dobrada ou até triplicada a concentração de CO₂ no ar em contato com as plantas.

Se o clima for cíclico, então é possível que um cenário semelhante ao de 1947-1976 venha a se estabelecer nesses próximos 10-15 anos. Naquele período de resfriamento do Pacífico, observou-se maior frequência de tempestades e veranicos no verão, redução entre 10 e 20% nos totais anuais de chuva, bem como redução dos dias com chuva. Com maior número de dias sem chuva, a amplitude térmica diária aumentou em média, devido ao aumento da incidência do fluxo de radiação solar. E invernos mais rigorosos trouxeram aumento dos riscos de ocorrência de geadas severas. Porém, convém lembrar que, com exceção do Semiárido Nordeste, chove mais de 1000 mm por ano no País e que 1 mm de chuva corresponde a um volume de 1 litro de água coletado em 1 metro quadrado. Ou seja, os totais anuais no Brasil são superiores a 1000 litros por metro quadrado e a maior parte dessa água, se não for represada, vai para o oceano. Portanto, a gestão atual dos recursos hídricos tem que contemplar prioritariamente a coleta das águas pluviais e seu armazenamento, ou superficial ou subterrâneo (recarga de aquíferos), dentre outras medidas de conservação de água, visando à “segurança hídrica”.

16.2 Quadro síntese das recomendações

Deve ser observado que, nas recomendações feitas, foi dada ênfase às mudanças climáticas. Entretanto, devem ser lembradas as variações climáticas normais da própria natureza, considerando-se as divergências de entendimento quanto às mudanças climáticas, como já descrito. Nesse contexto, o quadro abaixo sintetiza as principais recomendações extraídas de elementos das experiências internacionais estudadas.

Quadro – Síntese dos aperfeiçoamentos propostos.

Aperfeiçoamento	Referências	Descrição	Avaliação e sugestões
Alocação participativa	Sankarasubramanian et al (2009)	Definição da alocação de água no curto prazo a partir de cenários de disponibilidade hídrica futura e de informações prestadas diretamente pelos usuários sobre demandas de água, benefícios econômicos, disposição a pagar e custos de desabastecimento de cada usuário de água.	Como trata-se de um trabalho acadêmico e não de uma experiência efetivamente implantada, sugere-se avaliar em maior profundidade as possibilidades e oportunidades de implementação
Avaliação da estabilidade da alocação de água	Ansink & Ruijs (2008)	Avaliar o grau de estabilidade de regras de alocação de água usando princípios da teoria de jogos	Como trata-se de um trabalho acadêmico e não de uma experiência efetivamente implantada, sugere-se avaliar em maior profundidade as possibilidades e oportunidades de implementação
Indução da adaptação a mudanças climáticas por meio da outorga	Margulis & Unterstell (2014) Ferraz (1996)	Avaliação de custos e benefícios de medidas de adaptação a mudanças climáticas quando da definição de vazões de referência e planejamento da alocação de água. Exigência de medidas de adaptação como requisitos para obtenção da outorga, como planos de aumento da eficiência e planos de contingência	Estudos recentes já incorporam avaliações econômicas de medidas de adaptação às mudanças climáticas em diversos setores. Os processos de outorga e alocação de água podem incluir avaliações econômicas semelhantes, bem como incluir mecanismos regulatórios de indução à implementação de medidas de adaptação
Vazões de referência associadas a cenários de mudança climática	Adam (2011)	Desenvolver estudos para definição de vazões de referência associadas a cenários de mudanças climáticas, por meio do uso de resultados de modelos climáticos como dados de entrada em modelos hidrológicos Rever periodicamente as vazões de referência (a cada 5 anos ou quando da ocorrência de eventos não observados), buscando-se avaliar a necessidade de revisão de outorgas	Há ainda muitas incertezas nos cenários futuros de mudanças climáticas e consequências sobre a disponibilidade hídrica. Portanto, sugere-se cautela no uso desses cenários e aumento dos esforços de monitoramento e revisão periódica das vazões de referência usadas em processos de outorga e alocação de água.
Uso de gatilhos	Council of Australian Governments (2010)	Definir limites de alocação de água e de reduções de consumo de água (e medidas associadas) de acordo com níveis pré-estabelecidos de disponibilidade hídrica	Pode ser eficaz se houver envolvimento dos usuários na definição dos limites de alocação de água. Permite a alocação de água acima das vazões de referência, a riscos maiores de desatendimento. Sugere-se que sejam selecionadas áreas críticas, com riscos atualmente já excessivos, para

			implementação associada a programas de divulgação e capacitação dos usuários de água. Sugere-se que as experiências da Austrália e da cidade de Lubbock, EUA, sejam estudadas em maiores detalhes.
Planos de recursos hídricos	Council of Australian Governments (2010)	Avaliação da performance das ações propostas nos planos de recursos hídricos em diversos cenários de mudanças climáticas Aperfeiçoar os regulamentos que orientam a elaboração dos planos de recursos hídricos Definir esquemas de alocação de água no âmbito dos planos, após avaliação de custos e benefícios, e incertezas associadas aos diversos cenários de alocação de água	A experiência internacional indica a necessidade de revisão mais frequente de planos de recursos hídricos, que devem incluir avaliações do grau de flexibilidade e robustez das soluções e ações propostas. Sugere-se que sejam avaliadas formas de regulamentação e orientação à elaboração de novos planos, de modo a incluir tais aperfeiçoamentos.
Mitigação de mudanças climáticas por meio da outorga	Carbon Disclosure Project (2012)	Definir requisitos referentes à redução da emissão de gases de efeito estufa para determinados usuários de água quando da obtenção de outorgas	Diversas empresas privadas e usuários de água já fazem seus inventários de emissão de gases de efeito estufa. A outorga poderia ser o instrumento regulatório para induzir à redução dessas emissões, devendo-se considerar as estratégias e possibilidades de cada usuário de água.
Análise de trade-off entre custos e riscos	Council of Australian Governments (2010)	Definir a faixa ótima de riscos associados ao limite de alocação de água em função dos custos decorrentes do desatendimento aos usuários de água	A análise de custos e benefícios associados a níveis de risco de atendimento às demandas hídricas pode ser incorporada aos planos de alocação de água. Sugere-se que a experiência australiana seja estudada em maiores detalhes.
Incorporação de cenários de mudanças climáticas em processos de outorga e alocação de água	Wurbs (2001)	Modelo de alocação de água usado no Texas, EUA, que permite a incorporação de cenários de mudanças climáticas nas avaliações de disponibilidade hídrica e confiabilidade do suprimento	Pode oferecer algumas lições, pois trata-se de um sistema em operação atualmente. Sugere-se que seja aprofundado o estudo desse modelo, por meio de visita técnica ao órgão de recursos hídricos do Texas, para avaliação de vantagens, dificuldades, e possíveis adaptações

Referências

- Academia Brasileira de Ciência (2014). Recursos Hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro. Coordenado por Tundisi, J. G. Rio de Janeiro. 92 p.
- Adam, K. N. (2011). Análise dos Impactos de mudanças climáticas nos regimes de precipitação e vazão na bacia do rio Ibicuí. Trabalho desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação do Prof. Walter Collischonn. Porto Alegre.
- Ansink & Ruijs (2008). Climate change and the stability of water allocation. *Environmental Resource Economics*, 41:249-266.
- Arnell, N. W. (2004). Climate change and global water resources: SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change*. Volume 14 Issue 1. Pages 31-52.
- Binder, L.C.W. (2006). Climate Change and watershed planning in Washington State. *Journal of the American Water Resources Association*. V.42, p915-926.
- Bouwer, L. M.; AERTS, J.C. J. H.; Coterlet, G. M. van de; Giesen, N. van de; Gieske, A.; Mannaestr, C. (2004) Evaluating downscaling methods for preparing global circulations model (GCM) data for hydrological impact modeling. In: AERTS, J. c. j. h.; Droogers, P. (Ed.) *Climate change in contrasting river basins: adaptation strategies for water, food and environment*. Wallingford: CABI p. 25-47.
- Bravo, J. M.; Collischonn, W. ; Paz, A. R.; Domecq, F. (2010) Avaliação preliminar de tendências de variação da temperatura e da precipitação em cenários climáticos futuros na bacia do rio Paraguai. In: ADAPTCLIM: Os desafios da mudança climática e da adaptação nas bacias tropicais,. Asunción, Paraguai. *Anais do DAPTCLIM*, 2010. V.A. P.1-2.
- Carbon Disclosure Project (2012) - <http://www.cdpla.net/>
- Collischonn, W. (2011). Avaliação da disponibilidade de água na bacia do rio Ibicuí. Relatório da disponibilidade de água na bacia do rio Ibicuí. Porto Alegre.
- Council of Australian Governments (2010). National Water Initiative Policy Guidelines for Water Planning and Management. Australia.
- Ding, Y., Tang, D., Dai, H. e Wei, Y. (2014). Human-water index: a new approach to assess the human water relationship. *Water Resources Management*. Volume 28, Issye 4, pp 1061-1077.
- Döll P. (2002). Impact of Climate Change and Variability on Irrigation Requirements: A Global Perspective. *Climatic Change* 54: 269-293.
- Ferraz, A.R. G. e Braga Jr., B. P. F. (1996). Modelo decisório para a outorga de direito ao uso da água no Estado de São Paulo. USP. Dissertação de Mestrado.
<http://www.prpg.usp.br/usprio/?q=trabalhos/modelo-decisorio-para-outorga-de-direito-ao-uso-da-agua-no-estado-de-sao-paulo>

Frey, M.R. (2012), Assessing Climate Change Impact on Water Rights on the Eastern Snake River Plain. Master Thesis. Idaho State University, EUA.

Gupta A. S. (2007). Hydrologic variability and change in the New England Region, USA. Electronic Theses and Dissertations. B.S. Khulna University of Engineering and Technology.

Hoekstra, A.Y. e Hung P.Q. (2002) Virtual water trade : A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Research Report Series No.11. IHE Delft.

Hoekstra, A.Y. (2003). Virtual water trade. Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. Research Report Series No. 12. IHE Delft.

IUCN (2003). Change. Adaptation of Water Management to Climate Change. Bergkamp, G., Orlando, B. and Burton, I. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN), Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 53 pp.

IUCN (2000). Vision for Water and Nature. A world strategy for conservation and sustainable management of water resources in the 21st century. Gland, Switzerland, 52 pp. <http://www.iucn.org/webfiles/doc/WWRP/Publications/Vision/VisionWaterNature.pdf>.

Kim, J.-S. and S. Jain (2010), High-resolution streamflow trend analysis applicable to annual decision calendars: A western United States case study. *Climatic Change*, 102, 3-4, 699-707.

MARENGO, J.A. (2008). Água e mudanças climáticas. *Estud. av.* [online]. vol.22, n.63, pp. 83-96. ISSN 0103-4014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200006>
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext_pr&pid=S0103-40142008010200001

Margulis & Unterstell (2010). Economia da Mudança do Clima no Brasil: Custos e Oportunidades. São Paulo: IBEP Gráfica.

Margulis & Unterstell (2014) Nota Estratégica 1 – Adaptação à mudança do clima no Brasil: cenários e alternativas – Março 2014. Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. <http://www.sae.gov.br/imprensa/noticia/destaque/adaptacao-a-mudanca-do-clima-no-brasil-cenarios-e-alternativas/>

Martins, E. S. P. R. (2014). Cenários de Mudanças para Estudos de Adaptação do Setor de Recursos Hídricos. Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura – FCPC – Universidade Federal do Ceará.

Mollion, L.C.B. (2015). Comunicação Pessoal.

Molion, L.C.B. (2012). Desmistificando o Aquecimento Global, disponível on line: http://www.lgmh.ufpe.br/biomol/AGA/molion_desmist.pdf

Molion, L.C.B. (2005). Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. *Climanálise 8* (agosto), disponível on line <http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista>

Milly, P. C. D. et al. (2005). Global pattern of trends in stream flow and water availability in a changing climate. *Nature*, v.438, 347-50.

Nobre, P.; A. D. Moura.; L. Sun. (2001) Dynamical Downscaling of Seasonal Climate Prediction over Nordeste Brasil with ECHAM3 and NCEP'S Regional Spectral Model at IRI. *Bull. Amer. Meteorology Science.*, v.82, p.2787-2796.

OECD. (2003) Improving water management. Recent OECD Experience. IWA Publishing, Londres: 128 pp

Pagano, T., Garen , D., & Perkins, T. (2009). Daily updating of operational statistical seasonal water supply forecasts for the western USA. *Journal of the American Water Resource Association*, 45(3), 767-778.

Paiva, R. C. D. & Collischonn, W. (2010) Climate change impacts on river Quaraí flow. In: *Modelling the impact of climate and water resources*. Edited by Fung, C. F., Lopez, A. and New, M. John Willey & Sons. 200 p.

Porto, M. F. A. & La Laina Porto, R. (2008) Gestão de bacias hidrográficas pp. 43-62 *Estudos Avançados*. 336 pp. USP. vol 22, n. 63.

Rebouças, A. C. et al. (2006) Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação. 3ª Edição Revista e Ampliada. Escrituras Editora. São Paulo; 748 pp.

Salati, E. et al. (2007). Tendências das Variações Climáticas para o Brasil no Século XX e Balanços Hídricos para Cenários Climáticos para o Século XXI. Relatório 4, Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF), Diretoria de Conservação da Biodiversidade (DCBio). Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade - Subprojeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília, fevereiro.

Sankarasubramanian, A., Lall, U., Filho, F.A.S., e Sharma, A.I (2009). Improved Water Allocation utilizing probabilistic climate forecasts: Short-term water contracts in a risk management framework. *Water Resources Research*, 45 (11), 1-18.

Tarlock, A.D. (2000). How Well Can International Water Allocation Regimes Adapt to Global Climate Change? *Joint Issue – Land Use & Transnational*, Vol 15 & 9, 423 – 429.

Tundisi, J. G. (2003). Água no Século XXI: Enfretando a Escassez – São Carlos: RiMa, IIE. 248 p.

Yang, Z.L. & Siler, C. (2007) Climate change and water availability models – Applying climate change predictions. University of Texas at Austin. 10 p.

Wilby, R.L., Charles, S.P., Zorita, E., Timbal, B., Whetton, P., Mearns, L.O. (2004). Guidelines for use of climate scenarios developed from statistical downscaling methods, IPCC Reports. Wilby, L. R. and Dessay, S.: Robust adaptation to climate change, *Weather*, 65, 180–185.

Wilby and Fowler (2010). Detecting changes in seasonal precipitation extremes using regional climate model projections: Implications for managing fluvial flood risk. AGU Publication. *Water Resources Research*.

Wurbs, R. (2001). Reference and Users Manual for the Water Rights Analysis Package (WRAP). TR-80, Water Resources Institute, College Station, Texas, EUA.

Outros Sites Pesquisados

<http://www.copasa.com.br/RelatorioAnual2014/arquivos/dimensao-ambiental/index.html>

<http://www.sae.gov.br/site/?p=22064>

Anexos:

Anexo 1 – Ajuda memória reunião com Prof. Walter Colischonn

Walter Collischonn – Mudança climática e outorga do direito de uso de água

Após exposto o que o trabalho da ANA quer, ou seja, resultados concretos que possam vir a ser utilizados no aprimoramento do processo de outorga. Fogem do objeto do trabalho as causas, o porquê e os efeitos e impactos das mudanças climáticas no geral, mas sim suas implicações na escala de gestão dos recursos hídricos em bacias hidrográficas.

O Prof. Collischonn iniciou sua manifestação dizendo que não tem conhecimento de qualquer trabalho que vincule a mudança climática ao instrumento de outorga do direito de uso de água, mas que tem alguns trabalhos que permitem alguma orientação nesse sentido.

Ressaltou trabalhos que ele tem participado como o da Bacia do rio Quaraí e o do Rio Grande, que mostram algumas dessas implicações.

Sua opinião coincide com a da maioria dos cientistas quanto ao grau de incerteza que oferece os diversos modelos de mudança climática. O ideal é se trabalhar com vários deles para se poder orientar para alguma tomada de decisão, minimizando os riscos de incidências em erros.

Em seguida fez uma apresentação do trabalho que deverá ser lançado no próximo dia 11 na ANEEL em Brasília:

Efeitos de mudança climáticas no regime hidrológico de bacia hidrográfica e na energia assegurada de aproveitamento hidroelétrico.

Direção: Sunny Jonathan e João Carlos de Oliveira Mello.

Esse trabalho mostra resultados bem diferentes quanto aos modelos utilizados, como do INPE que é derivado do modelo inglês, dos demais modelos como o dos Estados Unidos e do Japão, principalmente.

O modelo do INPE é o que projeta incremento de vazões na região sul enquanto que nas bacias ao norte do paralelo 20, aproximadamente, projeta que haverá redução, a maioria representado por decréscimo de mais de 15%.

O Professor descreveu a metodologia como esse trabalho foi desenvolvido com aplicação do modelo MGB-IPH que analisa os resultados dos modelos climáticas sobre a precipitação e as vazões.

O panorama ainda se mostra muito incerto e controvertido. Na opinião dele, o sistema de outorga de curta duração que o Brasil adota, já é uma medida compatível para a administração desse processo em face às incertezas dos impactos que a mudança climática vai impor aos nossos cursos de água.

Ele advoga que mais do que avaliar os impactos sobre a disponibilidade hídrica, com todas suas incertezas, as quais o próprio relatório do IPCC coloca, seria trabalhar nas projeções das demandas que são mais prováveis de ocorrer do que os impactos e efeitos da própria mudança climática. Dos estudos feitos por ele, no que tange ao crescimento das demandas por recursos hídricos, principalmente na vasta região do cerrado brasileiro já dão indicativos de que a irrigação vai se expandir e muito, tão logo tenha a infraestrutura melhorada para escoamento da produção e fornecimento de energia elétrica, prevê que o fator limitante dessa expansão será a disponibilidade hídrica.

Seus estudos têm se baseado em análise crítica sobre a região de Cristalina em Goiás, na bacia do rio São Marcos, acompanhando a evolução dos pivôs centrais instalados na região, constatando que estão sempre em declividades inferiores a 8% e em solos tipo latossolo.

Aplicando essa mesma metodologia, e como esse é o tipo de solo predominante em quase toda a zona de cerrado utilizada mais intensamente para a agricultura, tem estabelecido como meta um corte de somente 30% desse potencial de solos seria irrigado, já mostram áreas que terão, em determinado momento, que optar entre produzir alimento ou energia.

Fez alguns estudos comparativos dos benefícios gerados pela produção de soja irrigada com os da geração de energia, o da soja pode se mostrar mais vantajoso econômica e socialmente. Essa é uma avaliação que tem ser levada em conta daqui para frente.

Outra observação é de que o tipo de solução adotado pela ANA para outorga coletiva para as bacias do Rio Verde Grande, Quaraí e São Marcos já são metodologias que fundo já incorpora os riscos advindo das mudanças climáticas, onde a solução compartilhada deverá ser predominante.

O Prof. Walter acredita que o mercado de água é uma solução que terá que ser compartilhada na gestão do direito de uso de água. No Brasil ela já é uma realidade, ainda que informalmente, no Rio Grande do Sul, onde na lavoura arrozeira é praticada entre os usuários de água para irrigação. Recomenda que se estude e analise mais esse caso.

Ressalta um ponto importante é que a irrigação tem uma visão bem diferente do setor elétrico, tem grande preocupação com o micro se esquecendo do macro, e para esse tipo de planejamento como o colocado nesta reunião se requer visões do macro e não do micro. Se esse setor usuário não mudar essa visão enfrentará sérios problemas para se posicionar perante os conflitos que são esperados nas bacias hidrográficas brasileiras, principalmente nas áreas do cerrado.

O Prof. Collischonn, ficou de analisar as questões postas, para ver se lembra de algo que possa contribuir para este trabalho da ANA, bem como ficou de enviar alguns dos artigos que ele participou que possa ter alguma contribuição para essas questões.

Anexo 2 – Ajuda Memória reunião Prof. Francisco de Assis de Souza Filho

Memória de Reunião

prof. Francisco Assis Filho – Universidade Federal do Ceará

Data: 29 de janeiro de 2015

Local: Fortaleza, CE

Alan Vaz Lopes (ANA)

Fernando Rodriguez (consultor)

Francisco Assis Filho (prof. UFC)

Primeiramente, foi exposto o objeto da reunião: outorga e mudanças climáticas, considerando as experiências internacionais em que a outorga é praticada já considerando os efeitos ou impactos das mudanças climáticas e/ou trabalhos acadêmicos e técnicos relacionados ao tema.

O Prof. Assis demonstrou preocupação e disse que essa questão da outorga é bastante complexa e é indissociável da alocação de água, onde ter-se-ia que considerar esses efeitos ou impactos de mudanças climáticas. Entretanto, ainda são grandes as incertezas sobre o que vai acontecer, bem como sobre os riscos.

No ponto de vista do Professor, não paira dúvidas de que o processo de mudanças está em curso, mas ainda é muito cedo para se afirmar do ponto de vista científico se tudo que está ocorrendo no momento é causado pelas mudanças climáticas.

Tem-se que atentar que estamos vivendo em um mundo na mais absoluta mudança em diversas dimensões, desde a econômica, a social, a urbana, e a hidroclimática. Entretanto, nem todas as mudanças são consequências das mudanças climáticas, pois como a economia evolui em ciclos, não se pode garantir que essas mudanças não são ciclos. Paleontólogos já detectaram ciclos climáticos. Tudo isso nos leva uma única conclusão: vive-se a era das incertezas.

No conceito do Prof. Assis, o futuro do mundo está em disputa, por isso têm-se grandes desafios e incógnitas quanto aos modelos mais adequados de desenvolvimento econômico e degradação ambiental. Esses modelos estão associados aos limites de emissão de gases do efeito estufa (as hipóteses são de grande amplitude 2 w/m² a 8 w/m²).

Pode-se observar que as incertezas são, também, estruturais e não só de modelagem (incluindo as incertezas do conhecimento).

Relaciona duas escolas hoje no mundo:

- 1> Pensa o porvir só com base nas informações do passado, portanto, não abordando possíveis alterações futuras do clima, deixando grandes questões em aberto.
- 2> Trabalha com a probabilidade muito pequena de o futuro ser igual ao passado, sendo mais ousada e desafiadora, aceitando a fragilidade da hipótese do comportamento estacionário do clima.

A questão é que quando começam a surgir as perturbações climáticas é que se novos questionamentos são elaborados, difíceis de serem respondidos. Por exemplo, algumas alterações climáticas são cíclicas - por isso as análises devem ser definidas em períodos de tempo específicos, de modo a se analisar o comportamento para buscar certeza de que não se está vivendo o fenômeno cíclico.

Isto nos mostra que o tamanho da incerteza quanto ao futuro é de uma amplitude imensa. Os modelos aplicados nos mostram esse estado das coisas conforme pode ser visto na Figura 29.



Fonte: Prof. Francisco de Assis Souza Filho

Figura 29. Demonstração hipotética da amplitude de vários modelos de mudanças climáticas

Foram ressaltados, a título de exemplo, os cenários futuros estudados pela EMBRAPA, em que a cana-de-açúcar da região tradicional de produção (no norte e noroeste do Estado de São Paulo), deve-se deslocar para o sul do Estado e para o Estado do Paraná, o que exigirá transferência de volumosos investimentos e de perturbações sociais (e.g. deslocamento da mão de obra que se dedica a essa cadeia produtiva). Será este um futuro factível? Pode ser que aconteça? A eficiência econômica de um cenário é igual à de outro? Essas questões exigem avanços de resiliência e eficácia da infraestrutura existente.

É preciso, no meio de todas essas incertezas, planejar, controlar e acompanhar as mudanças climáticas e hidrológicas, bem como investir em eficiência e robustez dos sistemas hídricos,

implicando em custos mais elevados. Em outras palavras, as incertezas associadas aos possíveis cenários de mudanças climáticas exigem flexibilidade para se buscar menores custos financeiros, perdas sociais e riscos baixos.

Traduzindo para a questão dos recursos hídricos, os mecanismos de alocação de água devem ser flexíveis, considerando níveis de prioridades econômico e social. O mecanismo de compensação financeira temporária, com horizonte de tempo definido, será imprescindível, buscando fontes alternativas de abastecimento dentre os próprios usuários. Outra alternativa é o estabelecimento de banco de águas, como estabelecido pela Comissão Nacional de Água (CONAGUA) do México e alguns Estados dos Estados Unidos. É uma questão que ainda deve ser estudada cuidadosamente.

As obras de infraestrutura continuarão sendo importantes e cada vez mais caras devido às incertezas e à necessidade de maior robustez e redundância. Redundância permite a maior garantia a setores que geram riquezas e potencializa a utilização da água.

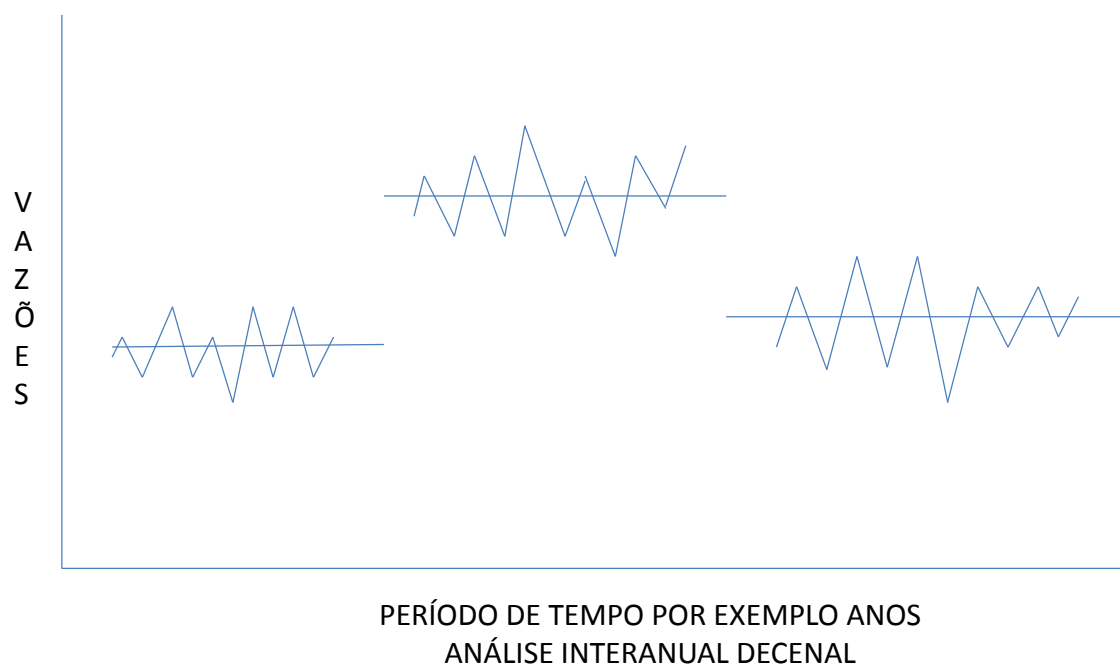
O planejamento das intervenções em recursos hídricos, com hierarquização, redundância e inserção do conceito de segurança hídrica (garantia firme de disponibilidade) é imperativo. Mas as incertezas sobre o que vai acontecer no futuro levam à revisão de todo o processo, devendo-se passar a pensar partindo da gestão de riscos. Isto exige até mudança de cultura, e tem-se que ter em mente que gerir riscos traz novas dificuldades. Os riscos têm implicações com diversos segmentos da sociedade - por isso sua gestão implica em estar compatibilizados com outros riscos inerentes aos diversos setores usuários de água.

Nesse sentido, foi feito um alerta que é preciso alterar a resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos que estabelece diretrizes para elaboração de planos de recursos hídricos, de modo a permitir o uso de diversos cenários climáticos futuros.

Por outro lado, é preciso avançar a capacidade de aprender das organizações e de compatibilizar os diversos interesses individuais. Por exemplo, a ocorrência de eventos hidrológicos críticos deve incrementar o arsenal de conhecimentos e instrumentos operados pelas instituições, de modo a aperfeiçoar a sua atuação em eventos futuros. Este um grande desafio, dadas às restrições legais, administrativas e orçamentárias dos órgãos de gestão de recursos hídricos.

Tem-se que colocar o problema de forma que possa ficar clara a necessidade de maior robustez, ou seja, flexibilidade. As mudanças climáticas associadas à ausência de flexibilidade da infraestrutura e sistemas de gestão pode implicar em rupturas.

A melhor opção é considerar que as mudanças climáticas de fato estão ocorrendo, mas efetuar as análises por períodos (e.g. decenal) para se definir o que fazer em décadas secas e úmidas (Figura 30). Também, deve-se procurar identificar o quão úmido ou seco é o período atualmente atravessado (com base em uma série histórica), adaptando-se aos poucos aos possíveis efeitos e impactos das mudanças climáticas.



Fonte: Prof. Francisco de Assis Souza Filho

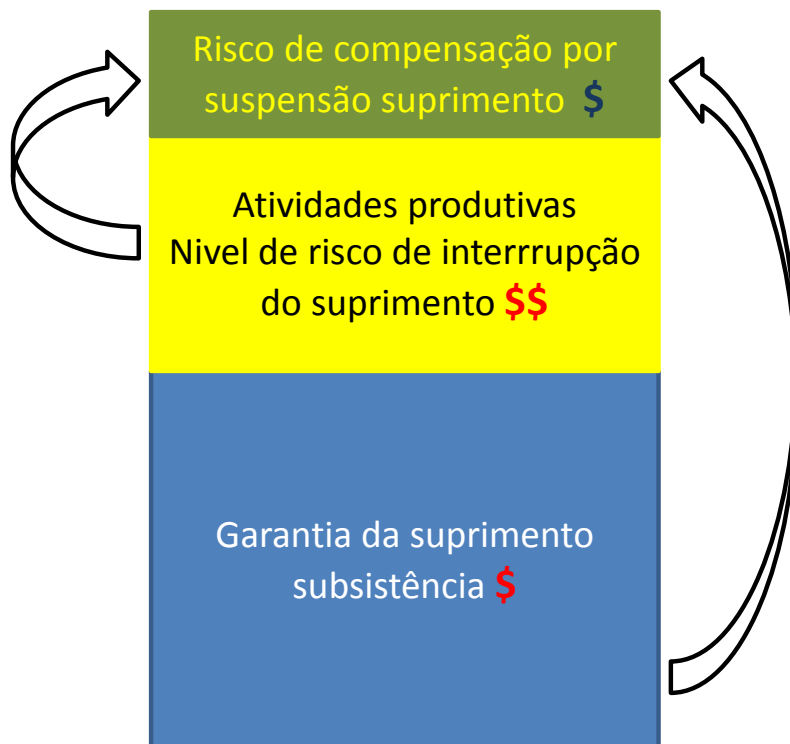
Figura 30. Exemplo hipotético de análise por período interanual para concessão de outorga

No planejamento, é essencial se definir cenários de intervenções sem arrependimentos, contemplando algum nível de redundância (que se traduz em robustez), para que sejam eficientes em qualquer cenário. A alocação de água de longo prazo está cada vez mais sujeita a riscos falhas no atendimento aos usuários. A instalação de novas infraestruturas hídricas será cada vez mais necessária para conferir redundância às existentes.

As outorgas futuras vão ter que contemplar cláusulas de alterações de acordo com as alterações climáticas. No curto prazo, ter-se-á que restringir o uso da água em alguns locais de modo a atender a usuários em outros locais. Isso exigirá negociação e estabelecimento prévio de critérios. As outorgas poderão ser definidas por faixa de garantia distintas, para diferentes variabilidades climáticas nas diversas escalas de tempo (interanual, decadal, secular).

Uma proposta concreta de adaptação a eventos extremos de seca refere-se à aplicação pela COGERH de tarifas diferenciadas de acordo com a garantia de acesso à água (Figura 31):

- Faixa 1: tarifa básica, com alta garantia de suprimento;
- Faixa 2: tarifa intermediária, com menor garantia;
- Faixa 3: tarifa para compensação, com o objetivo de gerar recursos financeiros para compensação financeira a usos da água que devem ser restritos em períodos de escassez.



Fonte: Francisco de Assis Souza Filho

Figura 31. Modelo de cobrança de acordo com riscos e pagamento de compensações em situações de estresse hídrico.

A outorga definirá o nível de restrição de uso da água, explicitando a prioridade do uso e o risco que o outorgado corre. Para isso, é preciso estudar os modos e tendências de variabilidade natural. Devem-se buscar menos perdas econômicas e não se esquecer da demanda social.

Conferir flexibilidade à alocação de água é uma tarefa complexa que implica em gestão adaptativa. Tem-se que trabalhar melhor com mudanças de paradigmas no que tange a resiliência, robustez, incertezas do mercado, entre outros, como nova forma de enxergar o problema.

Também, o modelo institucional utilizado deve ser flexível o suficiente para se adaptar a mudanças do clima. Essa abordagem da outorga/alocação precisa de ancoragem política, o que pode ser conseguido por intermédio do planejamento, de modo a categorizar a outorga como instrumento legal e administrativo necessário à garantia de acesso à água das diversas atividades produtivas e respeito às prioridades de uso da água.

A alocação de água tem que estar harmonizada com o tipo de desenvolvimento almejado, considerando-se os investimentos em infraestrutura para alocação de água ao longo do tempo.

Quando se pensa em adotar as compensações pela interrupção da atividade econômica por limitação do suprimento de água, tem-se que assegurar um horizonte de tempo. Isso porque

mesmo se as condições normais não forem reestabelecidas dentro do período previamente definido, a compensação financeira tem que cessar e os envolvidos devem buscar outras atividades, até em outros locais.

Por fim, deve-se buscar formas palatáveis que sinalizem as mudanças na forma de enfocar as incertezas. Por outro lado, deve-se pensar na implementação de políticas mais integradoras e proativas, focadas na mitigação de mudanças climáticas e na limitação da emissão de gases do efeito estufa. Isso pode ser atingido por meio de planos de recursos hídricos e estratégias de alocação de água que busquem maior eficiência energética dos usos da água, principalmente em atividades como a irrigação.

Em resumo, foram tratados os seguintes pontos:

- Dois conceitos: risco climático e alocação de água. O risco climático é um conceito mais amplo e inclui as possibilidades de mudança climática e variabilidades decadal e interanual. A alocação de água inclui os mecanismos de alocação de curto, médio e longo prazo, sendo a outorga o elemento administrativo-legal de definição de regras de uso da água para cada usuário, de acordo com a estratégia de alocação de água.
- Além do risco climático, existe o risco estrutural (associado à possibilidade de mudanças sociais e econômicas), associado às emissões de gases de efeito estufa e outros efeitos antrópicos que potencialmente afetam o risco climático. Como há grandes incertezas em relação ao comportamento futuro da sociedade e economia, são também grandes as incertezas referentes aos efeitos antrópicos sobre o clima futuro.
- Há também incertezas associadas à falta de conhecimento, referentes à:
 - como os efeitos antrópicos (se fossem conhecidos) afetarão o clima futuro
 - como a alteração do clima afetará a hidrologia futura, ou seja, quais serão os impactos sobre os padrões de precipitação, evaporação e vazão.
- Tendo em vista o risco climático, o risco estrutural e as incertezas descritas, é necessário adaptar a infraestrutura e os sistemas de gestão:
 - Planejamento deve ser baseado em diversos cenários de mudança climática e hidrológica, de modo a incluir ações e projetos que sejam eficazes e robustas em qualquer cenário.
 - Usar estatísticas de segunda ordem a partir dos cenários climáticos, de modo a prever o risco de alteração das estatísticas atuais das séries hidrológicas (e.g. média e variabilidade da Q_{95}).
 - Identificar os padrões de variabilidade temporal de séries hidrológicas (tendências, variabilidade decadal e variabilidade interanual).
 - Adaptar ações de gestão de acordo com a variabilidade do clima, considerando-se as mudanças de comportamento do uso da água em períodos úmidos e secos (e.g. endereçar o “esquecimento” da população quanto a estratégias de convivência com a seca, quando submetida a um período úmido prolongado).
 - Desenvolvimento de mecanismos de seguro social e compensação financeira por eventuais perdas resultantes de mudanças hidrológicas
 - Projetar sistemas hídricos com maior robustez e redundância, de modo a adaptá-los a diversos cenários climáticos.

- Adaptação da outorga de longo prazo, principalmente para obras de infraestrutura, de modo a informar o risco ao usuário de água.
- Definir diretrizes de alocação de água em planos de recursos hídricos, de modo a incorporar os diversos cenários climáticos nas estratégias de alocação de água.
- Ampliar o escopo dos planos de recursos hídricos e instrumentos de gestão de recursos hídricos, de modo a incluir estratégias para mitigação de mudanças climáticas (exemplo: articulações entre políticas de energia e uso da água, eficiência energética dos usos da água e redução de emissão de carbono de usos da água).

Anexo 3. Ajuda Memória reunião com Dr. Francisco Lopes Viana

Centro Altos Estudos Estratégicos da Assembleia Legislativa CE

- 1) Considerar que a mudança climática de fato ocorrerá.
- 2) Difícil mensuração de seus riscos e efeitos, portanto adotar posturas de como vão ocorrer alterações sazonais.
- 3) Negociação deve prevalecer, mas ter grau de regulação compatível e adequada à autoridade de governo sobre a gestão do recurso hídrico.
- 4) Outorga ser concedida de forma como vem sendo feita com dispositivos regulatórios como eventuais revisões e ajustes de acordo com o comportamento hidrológico do corpo de água.
- 5) A atuação deve ocorrer tanto na oferta hídrica como na demanda. Por exemplo, deve-se exigir na outorga que seja reduzindo o uso num horizonte de tempo, por meio de ganhos de eficiência, para manter o mesmo nível de produção; alternativamente, se a mesma demanda hídrica for mantida, deve-se comprovar aumento da produção em relação às metas estabelecidas.
- 6) Para gerir os recursos hídricos num campo de MC é imperativo o fortalecimento da regulação por parte dos gestores, negociando sim, mas com autoridade para efetuar alocação de acordo com padrões tanto de oferta como de demanda.