

# Segurança hídrica: conceitos e estratégia para Minas Gerais

*Water security: concepts and strategy for Minas Gerais*

Submetido em: 15/12/17

Revisado em: 05/01/18

Aprovado em: 08/01/18

Carlos Eduardo Morelli Tucci

Maria de Fátima Chagas

## RESUMO

A água é um insumo básico para sustentabilidade da população, produção de alimentos, processos industriais, energia, transporte e sustentabilidade ambiental. De outro lado, o seu excesso pode produzir riscos à população, ambiente e às instalações de forma geral. Segurança hídrica analisa os riscos da gestão sustentável da água quanto a oferta, em quantidade e qualidade, impactos sobre a sociedade, na infraestrutura e nos ambientes. Os riscos estão diretamente relacionados com a vulnerabilidade às condições climáticas, da sociedade e do meio ambiente. Neste artigo são descritos os conceitos usados para segurança hídrica nos setores da sociedade que têm a água como um insumo estratégico, além dos impactos ambientais e de seus excessos. Com base nas principais definições é proposta a conceituação de segurança hídrica considerando a gestão dos riscos dentro de dois níveis de vulnerabilidades: segurança de projeto para um nível de probabilidade e segurança na emergência quando ocorre um evento com probabilidade inferior a de projeto. Com base nesta conceituação é proposta a estrutura e os componentes da Estratégia de Segurança Hídrica para Minas Gerais, considerando suas características como Estado, diagnóstico das vulnerabilidades e o desenvolvimento de um conjunto de ações e um Plano de Ação com uma proposta de investimentos.

**Palavras-chave:** vulnerabilidade hídrica, segurança hídrica, gestão de recursos hídricos

## ABSTRACT

Water is a basic element for the sustainability of population, food production, industrial process, energy, transport and environment. In the other way, its excess creates risks for the population, environment and any type of facilities. Water security assess the risks of the sustainability of water management yield in quantity and quality, impacts on the society, infrastructure and in the environment. The risks are directly related to climate vulnerability of the society and environment. In this paper are described the concepts related to water security in the society sectors where water is a strategic element, besides its environment impacts and floods. Based on these definitions is proposed a conceptual framework for water security taking into account two levels of vulnerabilities: water security at project level for a probability level; and emergency, which is the scenario of an event with probability smaller than the project. Based on these concepts is proposed a structure and the components of a Strategy of Water Security for Minas Gerais, taking into account the State conditions, assessment of the vulnerabilities and the development of the activities and an Action Plan with an investments proposal.

**Keywords:** water vulnerability, water security, water management

## VULNERABILIDADE HÍDRICA

A vulnerabilidade hídrica de um evento crítico é a incapacidade do sistema (população ou ambiente) de retornar às condições prévias ao evento. A vulnerabilidade também pode ser entendida como a incapacidade existente de atendimento da demanda hídrica ou da proteção da população a um evento de inundação para um tempo de retorno ou probabilidade.

A fonte da vulnerabilidade hídrica pode ocorrer devido a uma ou mais das condições seguintes: Vulnerabilidade econômica, social ou ambiental;

Pressões do desenvolvimento econômico sobre o meio ambiente; e Incertezas associadas as séries hidrológicas devido a efeitos naturais e antrópicos.

### Vulnerabilidade econômica, social e ambiental

Uma sociedade ou ambiente é vulnerável quando a população possui poucos meios econômicos e está em condições sociais que não permite se recuperar após eventos críticos. De 1992 a 2001, os países em desenvolvimento tiveram 20% dos desastres e 50%

das mortes (WWAP, 2005). Os prejuízos foram de 66 bilhões de dólares por ano, entre 1994 e 2003 (ISDR, 2005). As perdas nos países menos desenvolvidos representaram 13,4% do PIB e nos países desenvolvidos, 4%. Em nível mundial, cerca de 50% dos impactos de desastres naturais são devido a inundações.

As vulnerabilidades sociais e econômicas ocorrem em decorrência do desenvolvimento econômico, político e institucional das sociedades. Países desenvolvidos usualmente possuem fundos e instituições estáveis para atuar sobre eventos críticos ou desastre natural por meio da prevenção e previsão de eventos reduzindo a vulnerabilidade. A vulnerabilidade aumenta com a pobreza, falta de fundos, políticas e falta de instituições para atuar na prevenção, previsão e recuperação dos eventos críticos.

A sociedade está sempre em risco<sup>1</sup> e a medida do risco e dos investimentos sociais e econômicos para reduzi-lo é sempre uma decisão baseada na percepção pública do risco e a capacidade de investimentos. Os eventos físicos não são as principais causas do desastre. As fontes dos problemas são a ocupação da área de risco, aumento da demanda pelos recursos hídricos e poluição da água.

As principais causas da vulnerabilidade relacionadas com os aspectos econômicos e sociais são destacadas a seguir:

- Pobreza: a falta de sustentabilidade econômica da população, agravada pela ocupação de áreas de risco (inundação ou escorregamento), áreas invadidas que geralmente possuem menor valor econômico; falta de acesso a infraestrutura da população formal, como acesso a água, esgoto, drenagem e resíduos sólidos;
- Instituições fracas: falta de pessoal, de recursos econômicos e financeiros. Pessoal mal remunerado e com baixa qualificação, aumenta a vulnerabilidade da ação no setor. Em função disso, não ocorrem ações de prevenção e previsão aos desastres;
- Falta de políticas, programas e projetos de gestão de risco: estas ações são essenciais

para reduzir as vulnerabilidades e aumentar a resiliência da população aos eventos críticos. Além disso, observa-se a falta integração de ações que mitiguem os impactos;

- Falta de decisão para atuar de forma preventiva: não existem ações preventivas, apenas ações após o evento ocorrido. Procura-se ajudar as pessoas impactadas, sem um programa preventivo para reduzir estes impactos;
- Falta de recursos para investir em medidas: mitigar ou reduzir os impactos causados pelos eventos críticos é oneroso. Trata-se de um setor sem arrecadação e, portanto, depende da destinação orçamentária em geral não planejada ou priorizada pelos governos.

### **Pressão da sociedade no meio ambiente**

Este é o cenário onde a água e o meio ambiente estão sujeitos a impactos devido ao desenvolvimento da sociedade. Estas pressões sobre o sistema natural ocorrem pelo uso extensivo dos recursos naturais como a água, alterações no uso do solo, e lançamento de poluente nos sistemas hídricos, entre outros.

Estes processos são mais graves em países pobres e em desenvolvimento, onde a prioridade da sociedade é por melhoria das condições econômicas com baixo controle de seus impactos sobre o meio ambiente. Este tipo de prática tende a reduzir a sua capacidade de sustentabilidade, aumentando a vulnerabilidade do ambiente e da própria sociedade. Uma das principais vulnerabilidades é a falta de tratamento de esgoto que polui os rios das cidades e contamina as fontes das águas, fazendo com a escassez da água seja por qualidade e não por quantidade.

### **Incertezas na variabilidade das séries hidrológicas**

A precipitação e vazão de uma bacia são indicadores da disponibilidade hídrica e dos eventos críticos. As séries hidrológicas com distribuição temporal e espacial são variáveis aleatórias e dependem de vários fatores naturais e antrópicos. As séries hidrológicas dependem do seguinte:

- Variabilidade climática natural: o clima nunca foi temporalmente estável e tem produzido, em várias partes do globo, cenários

---

1 Risco é entendido aqui como o produto da probabilidade pelos danos.

de períodos críticos de seca e de inundações como mostra a história;

- Mudança climática: são alterações das séries hidrológicas devido ao efeito estufa, em decorrência da emissão de gases;
- Alterações do uso do solo: são alterações nas bacias hidrográficas que podem alterar a relação precipitação x vazão e, portanto, as séries hidrológicas;
- Alterações dos rios com obras hidráulicas: tendem a modificar as vazões.

Os principais desafios como consequência das incertezas das séries hidrológicas são:

- Como desenvolver uma sociedade com metas desejáveis para a população dentro de padrões ambientais sustentáveis?; e
- Como as variações do clima podem afetar as metas de qualidade de vida e meio ambiente? E como tornar a sociedade mais resiliente e menos vulnerável a estas variações (segurança hídrica)?

As incertezas relacionadas com as variações climáticas e hidrológicas de longo prazo (variabilidade interdecadais<sup>2</sup>) devido às variações naturais e ao efeito estufa podem gerar vulnerabilidades em diferentes setores econômicos, como:

- Agricultura: uma sequência de vários anos com baixa precipitação pode afetar a agricultura brasileira, já que o plantio de sequeiro é predominante no Brasil (96%). Grande parte do Brasil (rio São Francisco, Tocantins, Litoral do Nordeste entre outros, mostra uma tendência de variabilidade interdecadal abaixo da média desde 1991, Tucci, 2014);
- Geração de energia: a energia elétrica é produzida principalmente por hidrelétricas no Brasil. Nos períodos críticos, quando a quantidade de água é baixa, as termelétricas são ligadas (energia mais cara) para garantir a geração. As hidrelétricas dependem da água

dos rios para geração de energia. Na última década, foram construídos principalmente reservatórios com pouco volume, reduzindo o fator de capacidade das usinas<sup>3</sup>. Desta forma, o sistema está cada vez mais dependente da energia térmica, quando ocorre um ano de vazões abaixo da média, gerando mais custos para a sociedade, sem considerar o efeito ambiental.

De acordo com IPCC (2007), é provável que, devido ao aquecimento global, ocorram eventos extremos mais críticos no século 21, principalmente em países localizados mais próximo dos trópicos.

## SEGURANÇA HÍDRICA

### O conceito

O termo segurança hídrica (“water security”) pode levar a diferentes interpretações. Cook e Bakker (2012) pesquisaram o uso deste termo na literatura internacional a partir 1990 (literatura em inglês). Os autores encontraram este termo associado a vários enfoques relacionados ao seguinte: política de recursos hídricos, agricultura, uso humano (consumo e saúde pública), uso industrial, energia, transporte, meio ambiente e desastres naturais.

A segurança hídrica está relacionada com a escassez da água para diferentes usos, a qualidade da água e aos excessos das inundações. Dentro destes aspectos a segurança está relacionada com a gestão do risco da falta do recurso para atendimento das necessidades ou o excesso que poderá gerar graves impactos sociais e econômicos. Falkenmark e Lundqvist (1998) destacaram os conceitos de escassez de água e os impactos de qualidade da água e analisaram as tendências da relação entre o avanço tecnológico e do crescimento demográfico. O primeiro suporta com processos racionais e o segundo pressiona a demanda. Esta tendência pode levar a escassez da água em regiões do mundo onde a pressão hídrica é alta. A escassez pode ocorrer pela falta de água por aumento da demanda (quantidade) ou pela perda de disponibilidade devido a contaminação das fontes (qualidade da água).

<sup>2</sup> Variações climáticas e hidrológicas interdecadais são variações das variáveis como precipitação e vazão ao longo de várias décadas. Este processo é aleatório e sujeito aos efeitos de variabilidade climática natural e antrópica devido ao efeito estufa.

<sup>3</sup> Fator de capacidade é a relação entre a energia garantida e a energia instalada.

Na segunda conferência Mundial da Água em Haia na Holanda (em 2000), a declaração assinada pelos ministros dos países presentes destacou a segurança da água como um objetivo a ser obtido por meio da Gestão integrada dos Recursos Hídricos (GIRH) (Hague, 2000). Neste mesmo evento a GWP (2000) apresenta uma definição para segurança hídrica que é a seguinte: “a nível local ou global, cada pessoa tem acesso a água suficiente a um custo acessível para higiene e vida saudável e produtiva, assegurando simultaneamente que o ambiente natural está protegido e melhorado”. Observa-se que neste momento segurança hídrica tinha como contexto principalmente a disponibilidade de água, com menção parcial da vulnerabilidade aos eventos de inundação. Gray e Sodoff (2007) apresentaram a definição para segurança hídrica utilizada por GWP (2012) que é a seguinte: “é a quantidade e qualidade aceitável para saúde, meio subsistência, ecossistema e produção, adicionado do risco relacionado com a água para pessoas, ambiente e economias”.

Neste período houveram declarações, avaliações e manifestos sobre segurança hídrica relacionado à oferta de água para população, produção e sustentabilidade ambiental (WEF, 2011 e CDP, 2013). Mason e Calow (2012) apresentaram a definição que explicita a segurança hídrica pela disponibilidade para atender as demandas, sustentabilidade ambiental e a gestão dos riscos de eventos extremos. Ficando claro a abrangência do âmbito da segurança hídrica. Pode-se questionar se todo este conteúdo já é coberto pela gestão de recursos hídricos quando estabelece a avaliação da disponibilidade x demanda, a qualidade da água (no enquadramento dentro da legislação brasileira) ou a gestão de eventos extremos. Portanto, porque este termo, se o contexto já está dentro do manejo atual?

A definição proposta por OCDE (2013) esclarece quando mostra que segurança hídrica está associada a gestão de risco. Menciona que a segurança hídrica é a gestão de quatro tipos de riscos: risco da escassez da falta de água para atender a demanda; risco da qualidade da água pela deterioração por contaminação dos sistemas hídricos; risco de excessos das inundações; e riscos da sustentabilidade de sistemas hídricos e ambientais. Portanto, inclui os três objetivos da gestão hídrica e adiciona a sustentabilidade ambiental.

Segurança hídrica deve ser entendida como a gestão de risco da escassez da água e das inundações para a sociedade, meio ambiente e economia. Deve-se entender aqui que Gestão de risco envolve a gestão dos cenários de projetos e de emergência.

A gestão do risco envolve dois níveis:

Nível de projeto - envolve a prática de projetos de infraestruturas de disponibilidade hídrica para consumo humano, agricultura, energia, entre outros e para controle de eventos de inundações. Para cada um destes projetos é definida uma probabilidade de atendimento ou de falha<sup>4</sup>.

Emergência - envolve a gestão do risco superior ao de projeto para demanda, qualidade da água, inundação o impacto ambiental. Este cenário ficou claro em 2014 e 2015 no Sudeste brasileiro quando a Região Metropolitana de São Paulo teve crise de abastecimento. O Cantareira, seu principal sistema de abastecimento, teve uma vazão afluente de 25% da vazão média (menos de 1% de chance de ocorrer para a série histórica de 84 anos). Um sistema de abastecimento é usualmente projetado para atendimento de 95% (planejamento e projeto), mas quando ocorre o cenário dentro da probabilidade de falha, no caso menor que 5%, deve existir um plano de emergência para dar segurança hídrica ao projeto. O plano de emergência deve apresentar alternativas e são investimentos importantes na medida do risco da falta ou excesso da água, além das questões econômicas.

### **Cenários de risco na Segurança Hídrica**

Considerando a definição anterior, existem dois grupos de cenários para segurança hídrica que são (Figura 1):

- Vulnerabilidade por falta de projeto (existente): vulnerabilidades existentes com relação a falta de planos, programas e projetos setoriais ou integrados para atendimento da escassez, qualidade da água e eventos críticos dentro de probabilidades aceitáveis;

---

4 Num projeto de abastecimento usa-se 95% de atendimento e 5% de falha. Para uma inundação usa-se o tempo de retorno que é o inverso da probabilidade de falha num ano qualquer. Por exemplo, um projeto que projete para 50 anos de tempo de retorno tem probabilidade de falha de 2% num ano qualquer.

- Vulnerabilidades na emergência (eventos críticos): são ações relacionadas à prevenção e à emergência a eventos críticos relacionados com a disponibilidade hídrica para uso humano, as inundações e condições críticas ambientais para probabilidades menores que as de projeto.

### Cenário Brasileiro

No Brasil a lei de recursos hídricos (Brasil, 1997) estabeleceu os instrumentos de outorga da água (quantidade e qualidade), o enquadramento (qualidade). Nos objetivos destacou os eventos críticos. A legislação não define “eventos críticos” ou cenários relacionados. Também não estabelece instrumento ou ação para atender este objetivo dentro da referida lei, da mesma forma que não existem regulações posteriores que definam este contexto. No conteúdo mínimo do Plano de Bacia Hidrográfica, este conteúdo não aparece, provavelmente por isso não esteja sendo abordado.

Os eventos críticos estão diretamente relacionados com situações excepcionais relacionadas com as séries hidrológicas. A vulnerabilidade pode ocorrer por falta de atendimento de padrões de projetos de atendimento da oferta da água ou inundações dentro

de um determinado risco. Os cenários fora do dimensionamento dos projetos representa a emergência. Não se deve interpretar que segurança seja somente a falta de atendimento da oferta da água ou a proteção contra inundação dentro de riscos determinados, mas também emergência da excepcionalidade de eventos com probabilidade inferior a de projeto (mais raros).

Quando um projeto é realizado, seja de oferta de água, controle da qualidade da água, inundação ou obra hidráulica está sempre presente a definição do risco do projeto, pois é impossível projetar para eliminar o risco de falta de água ou de inundação. Quanto menor for o risco aceito maior será o custo, portanto existe um compromisso entre a probabilidade que se aceita no projeto e os investimentos desejados. Todavia, dificilmente são analisadas quais as medidas emergenciais que devem ser tomadas quando o risco for inferior ao previsto ocorrer. Este é o ambiente de avaliação e planejamento da segurança hídrica.

Observa-se que devido a falta de projetos em diferentes áreas como abastecimento, tratamento de efluentes e inundações que a segurança hídrica passa a ser a terminologia utilizada para planejar o desenvolvimento destes projetos. No entanto, estas ações sempre existiram dentro de contexto e a falta de segurança se dá por falta de investimentos. O uso

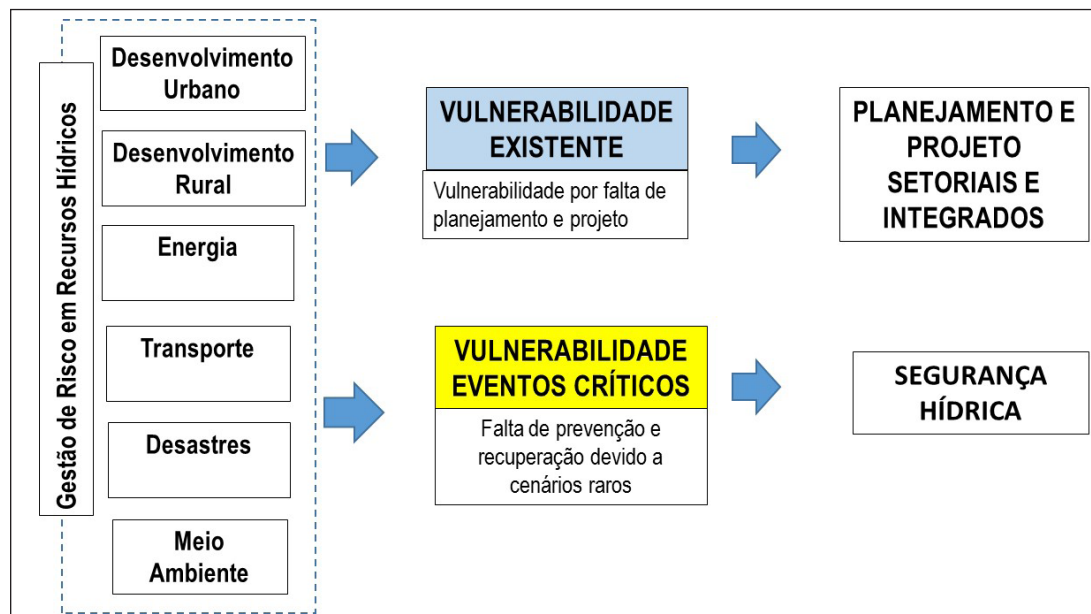


Figura 1 Estrutura da gestão de recursos hídricos e segurança hídrica

da terminologia não é importante, mas a definição que cada autor utiliza para o termo no contexto do seu estudo é essencial.

A Agência Nacional de Águas (ANA) está desenvolvendo o Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), com apoio de Estados brasileiros. O PNSH tem como objetivos (ANA, 2015): “Definir diretrizes, conceitos e critérios que permitam a seleção e detalhamento das principais intervenções estratégicas do país (horizonte 2035) para: Garantir oferta de água para o abastecimento humano e para o uso em atividades produtivas; reduzir os riscos associados a eventos críticos (secas e inundações) “.

## SEGURANÇA HÍDRICA PARA MINAS GERAIS

### Características

O estado de Minas Gerais possui 853 municípios, totalizando uma área de 586.528 km<sup>2</sup> e população de 19,6 milhões em 2009<sup>5</sup>, com 85,28% de população urbana. A Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) tem 6,049 milhões de habitantes, representando 30,9% da população total do Estado. A população urbana representa 95,4% do total. A microrregião com menor taxa de urbanização é Grão Mongol no Norte do Estado, com 44,1%. A densidade média brasileira é de 65 habitantes/ha (Embrapa, 2009). Com base neste indicador, estimou-se que a área urbanizada do Estado é da ordem de 2.571,6 km<sup>2</sup>, onde se concentram 16,7 milhões de pessoas. Observa-se que a população urbana (85,28%) ocupa 0,44% da área do Estado e que 26,3% da população do Estado está em cidades com menos de 20.000 habitantes, representando 675 cidades. As cidades acima de 100 mil habitantes são 29 e representam 43,4 % da população do Estado.

O PIB Estadual é de R\$ 486,96 bilhões, em 2013. Considerando a população de 20 milhões de habitantes, a renda per capita em 2013 é de R\$24,4 mil. Considerando o baixo crescimento em 2014 e a redução da economia em 2015, este valor não é muito distante do PIB real. O PIB Estadual tem uma participação da ordem de 9,2% no PIB Nacional e é o terceiro Estado em exportação do país.

Biomas e bacias - Os biomas encontrados no estado de Minas Gerais são: Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica. A maior área no Estado possui o bioma Cerrado. A Caatinga<sup>6</sup> possui um clima semiárido<sup>7</sup>, mais típico do Nordeste, mas abrange parte do Norte de Minas Gerais.

Entre os rios formadores de grandes bacias hidrográficas brasileiras que nascem no Cerrado, destaca-se o São Francisco. Entre os formadores do São Francisco no Cerrado, estão o Urucuia e o Paracatu, na margem esquerda, e o rio das Velhas, na margem direita, que, junto com o Paraopeba, são os principais formadores do seu alto curso, drenando a RMBH (Região Metropolitana de Belo Horizonte).

A Mata Atlântica<sup>8</sup> em Minas Gerais é da ordem de 190 mil km<sup>2</sup>, representado pela Serra da Mantiqueira e do Caparaó, bem como do território delimitado pelas bacias dos afluentes do Paraíba do Sul, na zona da Mata, também contando, mais ao leste e ao nordeste, com porções das bacias dos rios Doce, Mucuri e Jequitinhonha, além de um espaço em afluentes do Grande – os rios Sapucaí e Verde.

Usos da Água-As demandas de uso por tipo de usuário e o seu total no Estado são apresentados na tabela abaixo. O setor agropecuário tem demanda de 54,3% do total dos usos consuntivos no Estado, seguido pelo uso urbano doméstico com 20,5%, enquanto que o industrial somado à mineração chega a 25,2%.

Os usos considerados não consuntivos são a geração de energia (hidro energia), navegação, recreação e meio ambiente. Os setores relacionados são de energia, transporte e meio ambiente. O saneamento básico envolve abastecimento de água e esgoto, resíduos sólidos, drenagem urbana e inundação ribeirinha.

6 O Cerrado é quente, semiúmido e notadamente sazonal, com verão chuvoso e inverno seco, com pluviosidade anual em torno de 800 a 1600 mm. Os solos são geralmente muito antigos, quimicamente pobres e profundos, com baixa fertilidade natural e de textura arenosa, o que lhe dá grande permeabilidade.

7 O semiárido possui um clima com Precipitação média anual menor ou igual a 600 mm e evaporação alta durante todo o ano, com uma vegetação que se distribui de forma irregular.

8 Mata Atlântica é um bioma caracterizado por precipitações orográficas altas devido ao relevo montanhoso. As florestas desse bioma são essenciais para a manutenção dos processos hidrológicos que asseguram a qualidade e a quantidade das águas.

5 Estimado em 20,87 milhões (em 2015)



**Tabela 1 - Demanda de água em Minas Gerais (IGAM, 2011)**

Uso	Vazão	%
Humano		
Urbano	42,5	20,5
Rural	2,9	1,4
Animal	20,8	10,0
Industrial	22,9	11,1
Mineração	29,2	14,1
Irrigação	89,0	42,9
Total	207,4	100,0

**Vulnerabilidades** - As principais vulnerabilidades devido a eventos extremos podem ocorrer devido a inundações, disponibilidade hídrica em períodos de secas e os desastres naturais ou antrópicos. Esta última vulnerabilidade é tratada somente quando relacionada com obras hidráulicas.

O impacto das inundações de 2008 a 2014 atingiu 7,5 milhões de pessoas, representando 37,5% da população do Estado. Ocorreram 160 mortes, com média anual de 23 mortes, representando importante impacto humano. Os prejuízos totais são de R\$ 5,9 bilhões de reais (sem ajuste da inflação). O valor médio anual é de R\$ 850 milhões/anuais. Estes valores possuem incertezas, mas permitem uma estimativa aproximada da vulnerabilidade econômica.

As principais vulnerabilidades em função da escassez quantitativa ocorrem em regiões relacionadas com a baixa precipitação. São 168 municípios incluídos na área de seca da SUDENE, correspondente aos municípios do vale do Jequitinhonha e Mucuri, além do São Francisco. A vulnerabilidade de abastecimento urbano devido à infraestrutura é baixa, já que a cobertura das áreas urbanas para abastecimento é alta (ver item saneamento). No entanto, existem riscos de segurança hídrica durante períodos críticos de estiagem e pela contaminação em áreas de influência de grandes áreas urbanas, como o rio das Velhas.

**Riscos associados a eventos hidrológicos** – As análises das séries representativas das regiões hídricas do Estado mostraram o seguinte:

- Todas as regiões do Estado mostram a mesma sazonalidade. Período chuvoso de outubro

a março, transição de abril a setembro; e período seco de maio a agosto;

- Observou-se que um ano é significativamente crítico em termos de seca, quando a vazão média é menor que 50% da vazão média de longo período. O menor valor ocorreu em 2014 na bacia do rio Paranaíba (código 61) com 29% da média. Nas outras bacias, o valor menor das séries ficou entre 30 e 50% da média.
- A vazão média de cheia representa a seção de escoamento do leito menor dos rios. A planície de inundação é representada pela cheia de 100 anos (ou a maior inundação observada). Com base nos dados analisados observa-se que a vazão de 100 anos ( $Q_{100}$ ) corresponde a cerca de 2,2 a 2,5 da vazão média de cheia ( $Q_{mc}$ ) e a cheia de 10 anos ( $Q_{10}$ ) a 1,50 de  $Q_{mc}$ .

## Diagnóstico

A Lei de Recursos Hídricos foi aprovada em 1997 e a legislação de saneamento em 2007. A primeira abordou a gestão de eventos críticos nos seus objetivos, mas não incorporou as ações para atuar sobre o assunto, enquanto que a segunda incorporou a gestão de inundações e drenagem urbana em um dos seus serviços, mas abordou de forma limitada o planejamento e ações relacionado com os eventos críticos e não integrou o universo nas bacias hidrográficas e das cidades.

Estas deficiências fazem com que a gestão de recursos financeiros se perca em muitos processos e poucos resultados para a sociedade, sem benefícios palpáveis, já que não foram traçadas metas quantitativas, indicadores para atingir estas metas, além da falta de investimentos.

Os prejuízos anuais devido aos eventos críticos se distribuem no Estado pela falta de água e inundações frequentes, qualidade de água ruim. Mais recentemente, ocorreu o rompimento da barragem de rejeitos em Mariana. Nas inundações, estes prejuízos representam da ordem de R\$ 2 bilhões por ano, a poluição resulta em ambientes deteriorados e transmissão de doenças e o rompimento de barragens pode chegar a prejuízos incalculáveis.

O diagnóstico apresentado neste capítulo mostra que a gestão sustentável se inicia com instituições fortes e capacitadas, como condição necessária para

atuar sobre o assunto de forma integrada, abrangente e permanente, incluindo nas situações emergenciais.

Inundações - A atuação sobre as inundações é fragmentada por várias instituições e não se conhece, de forma clara, os impactos quantitativos das inundações em áreas urbanas e rurais.

Os instrumentos de planejamento, como o Plano de Bacia Hidrográfica, não abordam a gestão de inundação ribeirinhas nas cidades. Da mesma forma, as cidades não possuem uma gestão de drenagem urbana que possa estabelecer serviços e produtos sustentáveis ao longo do tempo, mitigando os impactos criados pelo desenvolvimento urbano.

Não existem programas de prevenção, preparação e emergência apropriados para mitigar e adaptar a população aos eventos críticos de inundação no Estado.

Disponibilidade Hídrica - Existem regiões como Jequitinhonha e São Francisco-Verde Grande e outras (bacia 43) onde a disponibilidade hídrica é baixa e o atendimento às demandas está em risco, devido à ocorrência de secas e à falta de infraestrutura.

Na bacia do São Francisco, sub-bacia do rio das Velhas (bacia 41) o risco está associado à grande demanda de água e poluição dos mananciais por falta de tratamento de efluentes.

Existe um número importante de cidades, com vulnerabilidade à disponibilidade hídrica em nível de projeto, que necessitam de planejamento de atendimento, dentro de um horizonte adequado.

Não existe uma política de gestão de secas ou eventos críticos de estiagem, com visão preventiva destes eventos e medidas emergenciais para reduzir os riscos.

Qualidade da água-Os impactos na qualidade da água ocorrem principalmente devido às áreas urbanas, em razão do ciclo de contaminação das cidades por falta de tratamento de efluentes. Praticamente todas as áreas urbanas mostram qualidade da água ruim nos rios próximos da cidade.

A qualidade da água fora dos centros urbanos tende a mostrar concentrações melhores, mas não existe monitoramento que avalie a poluição difusa, típica de áreas rurais e mesmo a poluição difusa das cidades. Para isto, é necessário um programa de monitoramento diferenciado, baseado em amostras de bacias e locais que permitam identificar as concentrações no início dos eventos chuvosos, quando as concentrações são

mais altas e, portanto, produzem impactos nos cursos de água.

Desastres de obras hidráulicas - Cabe às entidades de regulação, nos níveis estaduais e federal, o acompanhamento do atendimento dos preceitos legais de controle das barragens do Estado, para reduzir o risco de rompimento de barragem e os prejuízos decorrentes.

Este processo está bastante fragmentado entre o DNPM (atual [Agência Nacional de Mineração - ANM](#)), ANA, ANEEL, IGAM, FEAM, em função da jurisdição e do tipo de barragem e uso dentro do cenário de gestão. Apesar de uma legislação unificada, a fragmentação pode gerar diferentes tipos de ações que se diferenciam em termos de acompanhamento quanto ao atendimento dos Planos, em seus termos de referência e resultados.

### **Estrutura para Segurança Hídrica em Minas Gerais**

A estratégia se baseou em três componentes (figura 1):

- Institucional - atuam na adaptação institucional de entidades estaduais;
- Ações de apoio – medidas que suportem os desenvolvimentos dos programas;
- Programas: inundações, estiagens e secas, qualidade da água, obras hidráulicas e segurança de barragens.

Para cada um dos componentes foram propostas atividades que visam construir a gestão e a complementação das deficiências setoriais e de segurança hídrica para o Estado. Nas tabelas seguintes estão as atividades previstas com a descrição, prazo de desenvolvimento e custo estimado. O plano de Ação distribui no tempo as ações e os investimentos. Para cada atividade foi desenvolvida especificação de justificativa, objetivo, metodologia, responsável, prazo e custo como um termo de referência preliminar. Na figura 1 é apresentado o fluxograma de atividades.

### **Institucional**

No âmbito institucional, foram previstas ações para criar uma base de gestão para o IGAM atuar sobre os programas e permitir atuar junto aos comitês de bacia e municípios (Tabela 2).



## Ações de Apoio

Nas ações de apoio, foram definidos mecanismos econômicos de apoio aos programas, investimentos nas ações e oportunidades de financiamento dos planos e projetos no Estado. Também foram definidas ações de capacitação para os profissionais, decisores e população, quanto à gestão de segurança hídrica. Foram contempladas as pesquisas com definições de editais e rede pesquisa sobre temas de interesse da segurança hídrica. Finalmente dentro das ações apoio inclui-se o fortalecimento do monitoramento das águas superficiais e subterrâneas, pelo seu aprimoramento e ampliação (Tabela 3).

## Programas

São quatro os programas relacionados com a segurança hídrica (figura 2) e descritos a seguir:

**Inundações** - No programa de inundações, foram previstas ações de aprimoramento dos Planos de Drenagem das cidades, desenvolvimento de zoneamento de inundações, regulação da drenagem e implantação dos serviços de drenagem e manuais e padrões para apoio a municípios e comitês de bacia (Tabela 4).

**Programa de Secas e estiagem** - No programa de secas e estiagem (Tabela 5), procura-se inicialmente reduzir a vulnerabilidade a estes eventos críticos em áreas urbanas e rurais, para depois atuar na segurança hídrica destes eventos, além desenvolver medidas preventivas, com base em mecanismos econômicos.

**Programa de Qualidade da Água** - No programa de gestão da qualidade da água (Tabela 6), o principal problema é a redução da carga de efluentes de esgoto doméstico sobre os rios. Apesar da COPASA atuar sobre a maioria das cidades do Estado, é necessário estabelecer uma estratégia em um horizonte definido para a recuperação dos corpos de água pela redução das cargas, viabilizando o respectivo enquadramento. Também foram previstas a gestão de segurança hídrica e medidas preventivas para buscar mais sustentabilidade aos corpos de água do Estado e conservação dos ambientes aquáticos.

**Programa de Obras Hidráulicas e Segurança de Barragem** - No programa de obras hidráulicas e segurança de barragem (Tabela 7) existem ações que devem ser tomadas no âmbito das bacias do Estado para regulação sobre a segurança de barragens. Foram

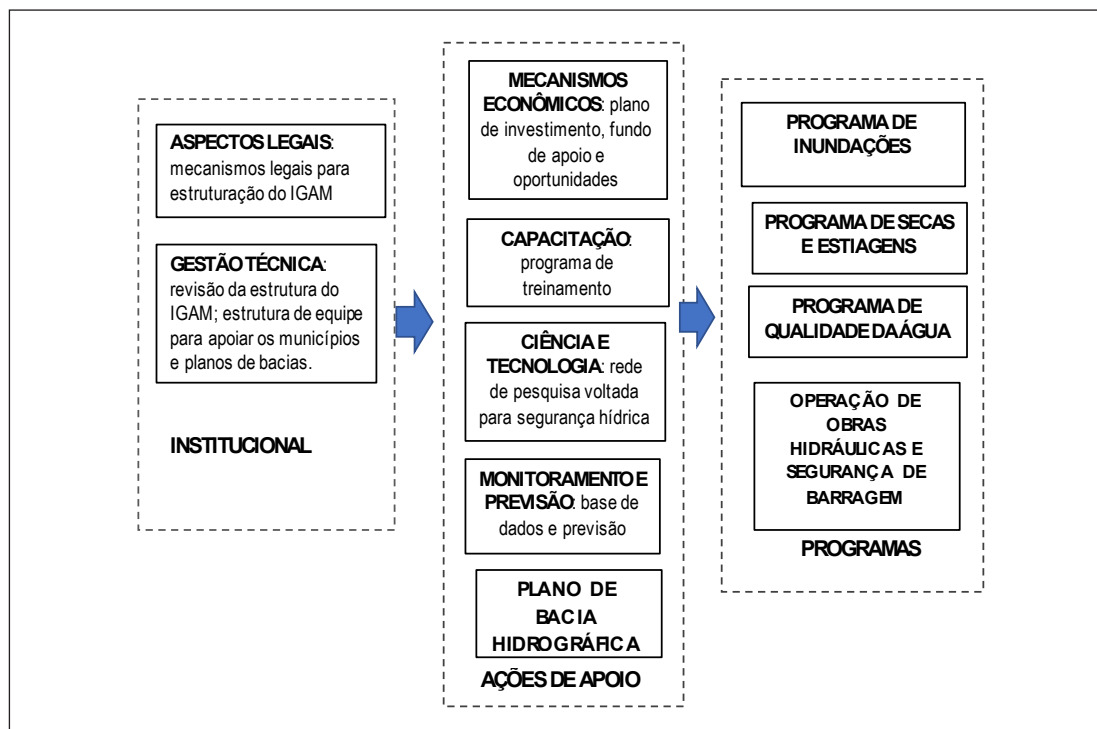


Figura 2: Estrutura da Estratégia de Segurança Hídrica para Minas Gerais (RHAMA,2016).

Tabela 2 Estruturação Institucional (RHAMA,2016)

N	Título	Descrição	Prazo
A1	Reestruturação do Estado	Formação de uma equipe para atuar em segurança hídrica dentro da estrutura do Estado; sua capacitação e definição das suas ações, objetivos e metas a serem obtidas ao longo do tempo	Curto
A2	Revisão da regulação de funcionamento do IGAM	Revisar os aspectos relacionado com as atribuições de funcionamento do IGAM, estabelecimento de minutas de funcionamento e outras medidas legais necessárias.	Curto

(\*) O investimento desta etapa é realizado com pessoal do IGAM. Eventualmente poderá ter suporte externo

Tabela 3 Ações de Apoio (RHAMA,2016)

N	Título	Descrição	Prazo
B1	Bases Econômicas e Financeiras	a) avaliação econômica e demanda para projetos de segurança hídrica; (b) manuais e padrões para avaliação econômica dos projetos de Segurança Hídrica e oportunidade de financiamento; (d) revisão e consolidação de Fundo de Recursos Hídricos.	Curto
B2	Capacitação	Treinamento de decisores, gestores e técnicos de recursos hídricos sobre a gestão de segurança hídrica	Médio
B3	Ciência e Tecnologia <sup>1</sup>	Desenvolvimento científico e tecnológico voltado para os problemas de segurança hídrica	Contínuo
B4	Monitoramento	Revisar o monitoramento atual das águas superficiais e subterrâneas e preparar seu aprimoramento para melhor atender às necessidades deste programa quanto a informações <i>do monitoramento tradicional</i> e em tempo real.	Médio
B5	Previsão de Vazão	Desenvolvimento de um sistema de previsão climática e hidrológica em tempo real com base em telemetria, para os locais de interesse de segurança hídrica.	Curto
B6	Plano de Bacia Hidrográfica	Desenvolvimento de um termo de referência para Planos de Bacia Hidrográfica para futuros Planos e na revisão futura dos existentes.	Curto

\* – Investimentos de Fontes de Ciência e Tecnologia no Estado, Governo Federal e órgãos de fomento.

Tabela 4 Programa de Inundações (RHAMA,2016)

N	Título	Descrição	Prazo
C1.1	Planejamento do Programa	Desenvolvimento do Programa de Inundações, estabelecendo indicadores e metas das ações.	Curto
C1.2	Zoneamento de áreas de inundação	Desenvolvimento do zoneamento de áreas de inundações das cidades visando reduzir o impacto na população. Implementar o zoneamento nas cidades com maiores riscos de inundação do Estado.	Longo
C1.3	Serviços de Drenagem Urbana	Implementação do prestador de serviço em drenagem urbana nas cidades de Minas Gerais	Médio
C1.4	Regulação de Drenagem Urbana	Desenvolvimento de regulação para novas construções de drenagem urbana para as cidades de Minas Gerais visando evitar a transferência de inundações dentro da cidade.	Médio
C1.5	Planos, Projetos e Manutenção	Desenvolvimento de manuais para serviços relacionados a drenagem urbana na cidade e avaliação de custos de obras e manutenção para as cidades.	Médio
C1.6	Plano de Drenagem Urbana	Desenvolvimento e implementação dos Planos de Drenagem Urbana.	Longo

Tabela 5 Programa de Estiagens e Secas (RHAMA,2016)

N	Título	Descrição	Prazo
C2.1	Disponibilidade x demanda nas cidades.	Implementação de medidas para atuar no sentido de reduzir a vulnerabilidade das áreas urbanas e rurais ao atendimento de demanda de água de abastecimento.	Longo
C2.2	Atendimento da demanda rural	Redução da vulnerabilidade da população rural e dos projetos de uso da água no meio rural.	Longo
C2.3	Gestão da segurança hídrica	Desenvolvimento de prática de Plano de Emergência para os sistemas de abastecimentos das cidades de Minas Gerais. Este plano atende as condições além do risco de projeto.	Médio
C2.4	Proteção de manancial	Mecanismos institucionais e econômicos para reduzir a vulnerabilidade dos mananciais, principalmente urbano.	Médio

Tabela 6 Programa de Recuperação de Qualidade da água (RHAMA,2016)

N	Título	Descrição	Prazo
C3.1	Redução da carga dos efluentes domésticos	Desenvolvimento de ações voltadas para o tratamento de esgoto e recuperação da qualidade da água dos rios, visto que a cobertura de tratamento de esgoto é pequena, causa principal da poluição nos rios.	Longo
C3.2	Redução da poluição difusa	A poluição difusa não é conhecida no Brasil. Esta atividade complementa a atividade B3 de monitoramento e atua sobre as causas desta poluição no contexto de um programa Estadual.	Longo
C3.3	Plano de Emergência de qualidade da água.	Exame da condição de risco sobre o meio ambiente e disponibilidade hídrica na ocorrência de vazões inferiores à vazão de referência, uma vez que a gestão de qualidade da água é realizada para uma vazão de referência.	Longo

Tabela 7 Programa de Obras Hidráulicas e Segurança de Barragem (RHAMA,2016)

N	Título	Descrição	Prazo
C4.1	Cadastro de Barragens <sup>2</sup>	Esta atividade desenvolve as ações necessárias para a construção e atualização deste cadastro.	Curto
C4.2	Regulamentação da segurança de barragem no Estado <sup>2</sup> .	Normatização sobre as barragens de água no Estado,	Curto
C4.3	Plano Estadual de Segurança de Barragens <sup>2</sup> .	Planejamento integrado de segurança, deve buscar avaliar os riscos dos diferentes trechos de rios, efeitos sinérgicos e isolados e desenvolver medidas preventivas.	Médio

previstos o cadastro das barragens, a regulação em nível estadual e um plano de segurança em nível de estado para prevenir desastres.

### Plano de Ação

O Plano de Ações distribui as atividades previstas no programa ao longo do tempo. Inicialmente existirão as Ações emergenciais, que são medidas a serem adotadas nas cidades mais vulneráveis a eventos críticos e alta vulnerabilidade.

Ações Emergenciais - a estrutura de gestão apresentada envolve um prazo longo de ações. No entanto, verificou-se que existem muitas cidades

do Estado em situação muito vulnerável a eventos críticos. Observou-se que 442 municípios (de um total de 853) declaram algum tipo de impacto de inundação nos últimos cinco anos. No caso de secas, 329 municípios declararam pelo menos um evento de seca ou estiagem de 2012 a 2016, sendo que alguns fizeram esta declaração todos os anos de 2013 a 2016. Devido a isto, foi criado este componente inicial de ações emergenciais no Plano de Ações para atuar sobre estes problemas.

Esta ação possui três atividades principais e deve atuar em curto prazo sobre:

- (a) identificação das cidades vulneráveis;

- (b) seleção das cidades;
- (c) ações emergenciais a serem adotadas.

No restante do programa os tempos previstos e as metas de processo são os seguintes:

- **CURTO PRAZO:** três anos após o início das atividades. São atividades preparatórias e emergenciais que permitem dar sequência ao programa e as ações em curso do governo do Estado;
- **MÉDIO PRAZO:** até sete anos depois de iniciado o programa e quando é realizada a sua revisão. Construção das instituições, planos, medidas não-estruturais implementadas;
- **LONGO PRAZO:** até 15 anos depois de iniciado o programa, quando são executadas as ações de longo prazo que complementam o Plano.

### Metas

As metas gerais previstas para o Plano estabelecem resultados definidos para o período de desenvolvimento do Plano com relação ao seguinte:

- Estabelecimento de um sistema institucional no IGAM para atuar em segurança hídrica;
- Incorporação do planejamento aos eventos críticos nos Planos das bacias hidrográficas no Estado;
- Desenvolver para, pelo menos 50% das cidades do Estado, os serviços de drenagem urbana, regulação e Plano de Drenagem Urbana, e sua implantação, incorporando a gestão sustentável dos serviços e o controle da urbanização num prazo de 10 anos;
- Desenvolvimento de um plano de tratamento dos efluentes do Estado de Minas Gerais e melhoria da qualidade da água e a cobertura de até 60% de coleta e tratamento em 10 anos.
- Implementação de um sistema de previsão de vazão para o Estado de Minas Gerais visando os eventos críticos

As metas técnicas específicas são as seguintes:

1. Eliminar as inundações na drenagem urbana das cidades para riscos menores ou iguais a 10 anos de tempo de recorrência para pelo menos 50% das cidades;
2. Incorporar o zoneamento de inundações aos Planos Diretores Urbanos das cidades com

risco de inundação em pelo menos 80% das cidades com risco de inundação;

3. Desenvolver Medidas emergenciais para disponibilidade hídrica urbana para pelo menos 50% das cidades do Estado em 10 anos;
4. Enquadramento dos rios e implementação do programa de despoluição.

### INVESTIMENTOS

Na tabela 8 são apresentados os investimentos estimados para o primeiro ano e o total para cada ação. O valor final do conjunto de ações é da ordem de R\$ 30 bilhões, representando da 6,23 % do PIB Estadual. Considerando como previsto um investimento em 15 anos o custo anual seria de 0,41% do PIB Estadual, para um investimento uniforme.

Para algumas destas atividades não foram previstos recursos financeiros diretos porque espera-se que sejam desenvolvidas com recursos próprios e funcionários do Estado. Mesmo as atividades para as quais foram previstos recursos, estas atividades se baseiam na disponibilidade de equipe dentro do Estado. As atividades de planejamento e gestão são as que envolvem menos recursos, enquanto que atividades de planejamento e implementação de infraestrutura são as que requerem maiores recursos. Os três maiores investimentos se referem ao controle das inundações na drenagem urbana das cidades, redução da carga de esgoto para melhoria da qualidade da água e complementação do abastecimento de água para redução do risco de disponibilidade hídrica. A estimativa do custo destes investimentos se baseou em indicadores macros e estão sujeitos a uma incerteza da ordem de 30%.

Para abastecimento de água, estimou-se que 10% da população urbana não é atendida e 50% na área rural. Com base na população e em indicadores de custos, obteve-se o custo final, acrescido de 10% para planejamento, projeto e acompanhamento do projeto.

Para esgotamento sanitário foi considerado apenas o tratamento de esgoto da população urbana com déficit de 65% da população urbana. Também foram usados critérios, como descritos acima, de custo unitário e custo de gestão dos projetos.

Para a drenagem urbana, que se insere dentro dos Planos de Drenagem Urbana das cidades, visando o controle dos impactos devido à ocupação urbana,

Tabela 8 Investimentos das Ações previstas na Estratégia de Segurança Hídrica de Minas Gerais (RHAMA,2016)

Código	Título	Custo do primeiro Ano (R\$ milhões)	Custo total (R\$ milhões)
ME	Medidas Emergenciais	2,5	5,0
A	Estruturação Institucional		
A1	Reestruturação do IGAM		
A2	Revisão da regulação de funcionamento do IGAM		
B	Ações de Apoio		
B1	Bases Econômicas e Financeiras	0,25	0,25
B2	Capacitação	0,35	1,15
B3	Ciência e Tecnologia	0	0
B4	Monitoramento	1,5	3,5
B5	Previsão de Vazão	1,0	3,0
B6	Plano de Bacia Hidrográfica	0,05	0,05
C1	Programa de Inundações		
C1.1	Planejamento do Programa	0,1	0,1
C1.2	Zoneamento de áreas de inundação	1,0	10,0
C1.3	Serviços de Drenagem Urbana	0,6	6,0
C1.4	Regulação de Drenagem Urbana	0,3	2,0
C1.5	Planos, Projetos e Manutenção	0,2	1,0
C1.6	Plano de Drenagem Urbana	5,0	6.900,0
C2	Programa de Estiagens e Secas		
C2.1	Disponibilidade x demanda nas cidades	0,5	990
C2.2	Atendimento da demanda rural	0,5	831,6
C2.3	Gestão da segurança hídrica	0,2	10,0
C2.4	Proteção de manancial	0,2	2,0
C3	Programa de Recuperação de Qualidade da Água		
C3.1	Redução da carga dos efluentes domésticos	1,0	21.200
C3.2	Redução da poluição difusa	1,0	10,0
C3.3	Medidas Emergenciais	1,0	5,0
C4	Programa de Obras Hidráulicas e Segurança de barragem		
C4.1	Cadastro de Barragens		11,0
C4.2	Regulamentação da segurança de barragem no Estado		0,5
C4.3	Plano Estadual de Segurança de Barragens		3,0
	Totais	17,25	29.985,15



estimou-se o valor com base na área urbana do total das cidades e no custo unitário esperado por km<sup>2</sup> de bacia urbana.

Estas estimativas possuem limitações quanto à efetiva avaliação da infraestrutura existente e variações de custos de acordo com a realidade física de cada cidade e a eficiência do desenvolvimento dos projetos.

## CONCLUSÕES

Esta estratégia deve ser entendida como o passo inicial de um processo longo de buscar a redução da vulnerabilidade do Estado a eventos extremos e permitir uma sustentabilidade da gestão de recursos hídricos em uma visão de longo prazo. Esta estratégia envolve a construção gradual das ações com capacitação da equipe do IGAM e de outras entidades do Estado, o desenvolvimento tecnológico e monitoramento das variáveis hidrológicas, além da previsão em tempo real, para prever eventos e reduzir os riscos.

O Estado está desenvolvendo o Plano Estadual de Saneamento, que deve englobar parte importante dos investimentos e com valores atualizados. No Plano Estadual de Segurança Hídrica devem constar as ações de segurança hídrica que não foram previstas no Plano Estadual de Saneamento. Estes elementos foram introduzidos no presente trabalho até que os

mencionados instrumentos de planejamento sejam efetivamente integrados.

A preparação desta estratégia deve ser revista ao longo da sua implementação, visando a correções em função da própria experiência do órgão gestor de recursos hídricos com as ações e seus resultados.

A base deste programa é a qualificação técnica do Estado nas suas entidades. Portanto, o programa de capacitação é central neste processo, da mesma forma que o monitoramento das variáveis hidrológicas.

A reestruturação e fortalecimento institucional do órgão gestor de recursos hídricos é fundamental para que este processo seja desenvolvido. Na construção da gestão, é importante que os funcionários de Estado tenham um rodízio dentro dos setores da entidade, para criar capacidade interdisciplinar.

## AGRADECIMENTO:

Este estudo foi desenvolvido para o Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Em razão das informações levantadas no contexto do trabalho Estratégias de Segurança Hídrica para o Estado de Minas Gerais, que pode servir de subsídios para iniciativas similares em outras Unidades da Federação para atuar na ocorrência de eventos críticos.

## Referências

- CDP (2013), A need for a step change in water risk management. CDP(Carbon Disclosure Project) Global Water Report 2013 .
- EMBRAPA, 2008 <http://www.urbanizacao.cnpem.embrapa.br/conteudo/discussao.html> accessed EM 12/12/2008.
- FALKENMARK, M; LUNDQUIST, J.1998. Towards Security: Political determination and human adaptation crucial Natural Resource Forum Vol 21 n1 pp 37-51.
- GRAY, D; SADOFF, C.W.; 2007. Sink or Swim? Water security for Grothw and development Water Policy 9 (2007) 545-571
- GWP (2000), Towards water security: a framework for action , Global Water Partnership Estocolmo.
- GWP, 2012. Rio + 20 Segurança Hídrica para crescimento e sustentabilidade Global Water Partnership.
- HAGUE, 2000 Ministerial Declaration in the Second World Water Conference.

IGAM (2011). Plano Estadual de Recursos Hídricos resumo executivo Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Volumes I e II.

IPCC (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis-Working Group I Contribution to the IPCC Fourth Assessment Report. Intergovernmental Panel for Climate Change.

MASON, N; CALOW, R (2012), “Water security: from abstract concept to meaningful metrics. An initial overview of options”, Working Paper No 357, Overseas Development Institute (ODI), Londres.

OCDE (2013), Water Security for Better Lives , OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) Studies on Water, OECD Publishing

PEÑA, H 2016. Desafios de la Seguridad Hídrica em América Latina y el Caribe. Recursos Naturales e Infraestructura serie n. 178.

RHAMA, 2016. Estratégias para a Segurança Hídrica de Minas Gerais. Rhama Consultoria Ambiental e IGAM 256p.

TUCCI, C.E.M., 2014 Geração de Conhecimentos em Recursos Hídricos para adaptação as mudanças climáticas no Brasil. CGEE ANA Rhama.

WEF, 2011, Water Security. Water-Food-Energy-Climate Nexus, The World Economic Forum Water Initiative , Island Press.

WWAP, 2005 – Managing Risks - World Water Assessment Programme [www.unesco.org/water/wwap/facts\\_figures/managing\\_risks.shtml](http://www.unesco.org/water/wwap/facts_figures/managing_risks.shtml). access September 21, 2005.

Carlos E. M. Tucci

Rhama Consultoria Ambiental, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: carlos.tucci@rhama.com.br

Contribuição do autor:

Pesquisa de campo; análise dos dados; redação

Maria de Fátima Chagas

Ex- diretora geral do Instituto Mineiro de Gestão de Águas, Belo Horizonte, MG, Brasil E-mail: fati.bh@terra.com.br

Contribuição do autor:

Indicação e seleção de fontes de dados; análises de dados.