Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

# AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE: ESTUDO DA CRISE HÍDRICA 2014-2015

MELO, Marília Carvalho de - prof.marilia.melo@unincor.edu.br
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais
Universidade Vale do rio Verde

QUEIROZ, Vitor Carvalho - vitorcqueiroz@yahoo.com.br
Universidade Federal de Minas Gerais / UFMG

FORMIGA-JOHNSSON, Rosa Maria - formiga.uerj@gmail.com
Universidade do Estado do Rio de Janeiro / UERJ

AZEVEDO, José Paulo Soares de - zepaulo@coc.ufrj.br
Universidade Federal do Rio de Janeiro / UFRJ

NASCIMENTO, Nilo de Oliveira - niloon@ehr.ufmg.br
Universidade Federal de Minas Gerais / UFMG

MACHADO, Fabrício Lisboa Vieira – fabriciolvm@hotmail.com
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais

SÁ, Reginaldo Ventura de - regis@lamma.ufrj.br
Universidade Federal do Rio de Janeiro / UFRJ

RIMULO, Breno Aguiar - breno_rimulo@hotmail.com
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais / PUC-MG

*Submetido em: 21/10/2018*
*Aceito para publicação em: 22/10/2020*
*Publicado em: 23/10/2020*
*DOI: http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.62462*

**RESUMO**: A despeito da elevada disponibilidade hídrica natural, o estado de Minas Gerais vivenciou, entre os anos de 2014 e 2015, uma situação de escassez de seus recursos hídricos nos mananciais de abastecimento público da Região Metropolitana de Belo Horizonte. A crise foi especialmente agravada por conta do arranjo anacrônico de políticas públicas e de infraestrutura hídrica estaduais, que se mostraram incapazes de lidar com a deficiência pluviométrica prolongada. Este trabalho objetivou avaliar o nível de segurança hídrica do abastecimento da RMBH face à crise hídrica de 2014/2015, sob o aspecto de quantidade de água bruta. Os resultados revelaram que a grande maioria dos meses apresentaram vazões menores que a média histórica nos Sistemas produtores, sendo que o Sistema Serra Azul registrou o pior cenário, com vazões sempre inferiores à média histórica mensal. Verificou-se que o advento de novos mecanismos legais de regulação garantiu maior controle aos usos de água no estado e ampliou o conhecimento do órgão gestor sobre as condições de uso e a infraestrutura hídrica existente. Campanhas de incentivo à redução do uso da água foram decisivas para atravessar o período de crise com segurança hídrica, ao diminuir em 14% o total

demandado e recuperar assim a oferta hídrica, evidenciando a efetividade nas ações do estado para o enfrentamento da situação.

**PALAVRAS-CHAVE**: escassez hídrica; segurança hídrica; políticas públicas; Bacias dos rios das Velhas e Paraopeba.

*WATER SECURITY ASSESSMENT FOR PUBLIC SUPPLY IN THE METROPOLITAN REGION OF BELO HORIZONTE: STUDY OF THE WATER CRISIS 2014-2015*

**ABSTRACT:** Despite the high water availability, the state of Minas Gerais experienced, between 2014 and 2015, a water shortage in the hydrographic basins that supply the Metropolitan Region of Belo Horizonte (MRBH). The crisis was especially aggravated by the lack of adequate public policies and existing water infrastructure, which were unable to cope with prolonged rainfall deficiency. This study aimed to assess the level of water security in the MRBH supply during the 2014/2015 water crisis, in terms of water resources quantity. The results showed that, in most months, the flow rates were lower than the historical average in the sources of the water producing systems; the Serra Azul System recorded the worst scenario, with flows always below the monthly historical average. It was found that the new legal mechanisms of regulation guaranteed greater control over water uses and extended the knowledge of the management on the conditions of use and the existing water infrastructure. Campaigns to encourage the reduction of water use were decisive to overcome the crisis period, by reducing the total water demand by 14% and thus recovering part of the water supply capacity, showing the effectiveness of the state's actions to face the situation.

**KEYWORDS**: water scarcity; water security; public policy; Velhas and Paraopeba River Basins.

*EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DEL AGUA PARA EL SUMINISTRO PÚBLICO EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE: ESTUDIO DE LA CRISIS DEL AGUA 2014-2015*

**RESUMEN:** A pesar de la elevada disponibilidad natural de agua, el estado de Minas Gerais experimentó, entre los años 2014 y 2015, una situación de escasez de sus recursos hídricos en los manantiales de suministro público de la Región Metropolitana de Belo Horizonte. La crisis se vio especialmente agravada por la disposición anacrónica de las políticas públicas y la infraestructura estatal de agua, que resultó ser incapaz de hacer frente a la deficiencia de lluvias prolongadas. El objetivo de este trabajo era evaluar el nivel de seguridad del suministro de agua de la RMBH ante la crisis del agua de 2014/2015, desde el punto de vista de la cantidad de agua bruta. Los resultados revelaron que la gran mayoría de los meses presentaban flujos inferiores al promedio histórico en los Sistemas productores, y el Sistema Serra Azul registró el peor escenario, con flujos siempre inferiores al promedio histórico mensual. Se comprobó que el advenimiento de nuevos mecanismos de regulación jurídica garantizaba un mayor control de los usos del agua en el Estado y ampliaba el conocimiento del órgano de gestión sobre las condiciones de uso y la infraestructura hidráulica existente. Las campañas de incentivo para reducir el uso del agua fueron decisivas para superar el período de crisis con seguridad en el agua, reduciendo la demanda total en un 14% y recuperando así el suministro de agua, lo que demuestra la eficacia de las medidas adoptadas por el Estado para hacer frente a la situación.

**PALABRAS CLAVE**: escasez hídrica; seguridad hídrica; políticas públicas; Cuencas de los ríos de las Velhas y Paraopeba.

## INTRODUÇÃO

Situado na região sudeste do Brasil, o estado de Minas Gerais compreende 7% do território nacional (586.519,727 km$^2$) e tem uma população de 21.119.536 habitantes (IBGE, 2017) e IDH de 0,731 (ATLAS BRASIL, 2010). Na economia, o PIB estadual é de R$ 487 bilhões (FJP, 2016), sendo 58% de

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

serviços, 32,8% indústria e 9,2% agropecuário. Com cerca de 5 milhões de habitantes, a Região Metropolitana de Belo Horizonte - RMBH concentra 25% da população do estado de Minas Gerais (ARMBH, 2015 e IBGE, 2017) e produz 40% do PIB estadual que foi de R$ 487 bilhões em 2016 (FJP, 2016).

Com grande disponibilidade hídrica, é em Minas Gerais onde nascem alguns dos principais rios que drenam para outros estados do Brasil. O principal rio do Estado é o São Francisco, que nasce na Serra da Canastra e segue em direção ao Nordeste do País, constituindo-se em um recurso hídrico estratégico para o desenvolvimento regional, com extensão aproximada de 2.700 km em uma bacia de 638.576 km$^2$. Em Minas, a bacia equivale a 40% da área do Estado, sendo responsável por cerca de 73,5% da vazão natural média do rio São Francisco (ANA, 2016). A Metrópole é abastecida pelas águas da Bacia do rio São Francisco, principal rio do Estado e de grande importância nacional, por meio de seus dois principais afluentes em território mineiro, que abrange a parte alta da bacia: os rios das Velhas e Paraopeba (Figura 1)

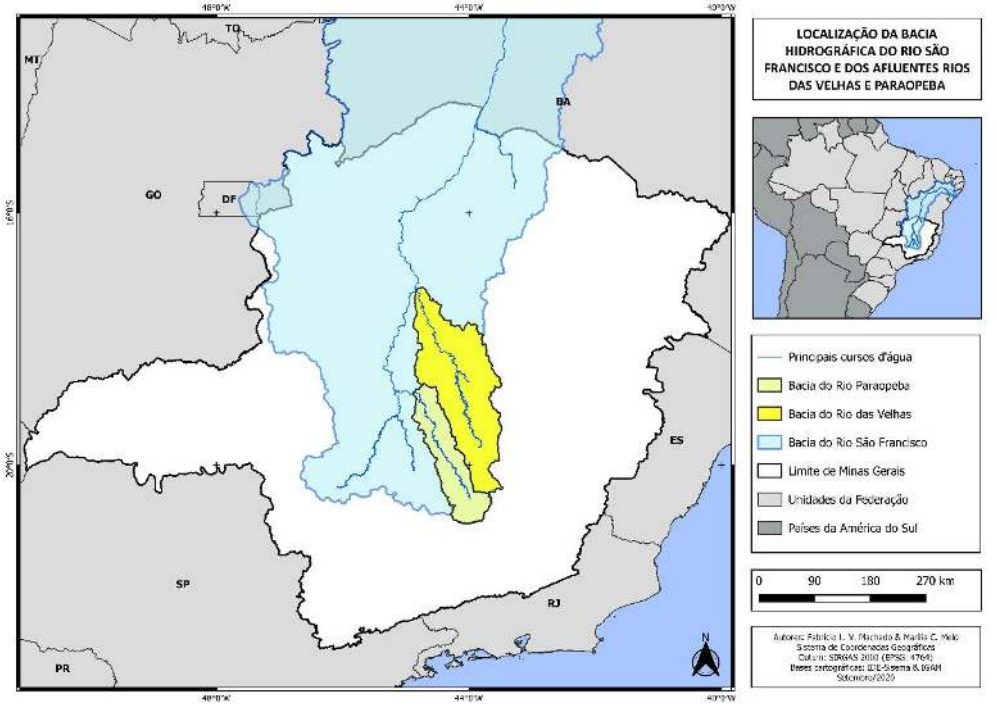



**Figura 1 -** Bacia do rio São Francisco no território de Minas Gerais e as bacias dos rios afluentes Velhas e Paraopeba**.**

Assim como todo o Sudeste Brasileiro (Nobre *et al*., 2015; Coelho *et al*., 2016), nos anos de 2014 e 2015, Minas Gerais conviveu com os efeitos de uma crise hídrica. Parte da crise se deu em decorrência da estiagem severa associada a baixos índices pluviométricos, que reduziu as vazões disponíveis nos mananciais de abastecimento, pela falta de resiliência dos sistemas de abastecimento público e também pelo processo histórico de degradação das bacias hidrográficas (MARENGO, *et al*., 2015; BRITTO, *et al*.,2016; MARENGO E ALVES, 2015; COELHO, *et al*., 2016; MELO, 2016).

A crise foi significativamente agravada por um arranjo anacrônico de políticas públicas e de infraestrutura hídrica, que se mostraram insuficientes

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

para lidar com a deficiência pluviométrica prolongada ao longo de dois anos em território densamente povoado e com alta demanda pelo uso da água, como é o caso da região metropolitana de Belo Horizonte (IGAM, 2018).

Várias dificuldades foram experimentadas pelo órgão gestor de recursos hídricos para lidar com a crise. Por um lado, é importante ressaltar a ausência de uma base de dados de monitoramento hidrológico com informações sistematizadas e a falta de dispositivos que garantissem o controle efetivo da vazão outorgada aos usuários de água, além de um universo desconhecido de usuários, que usam águas dos rios e reservatórios de maneira irregular. Por outro, tornou-se evidente a fragilidade institucional – orçamento e quadro de pessoal reduzidos no órgão gestor das águas do estado, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas –, somado à ausência de instrumentos de regulação que garantissem regras claras para lidar com esta situação de escassez. Observou-se, da mesma forma, a vulnerabilidade dos sistemas de abastecimento de água para enfrentar a condição de redução de disponibilidade de água nos mananciais e sequer um plano de contingência para estabelecer ações emergenciais para evitar o desabastecimento.

No âmbito legal e normativo, a Lei 9.433 de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelece com um dos seus objetivos a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais, sem contudo estabelecer mecanismos claros para o seu cumprimento. Em relação ao marco regulatório de saneamento, as Leis 11.445 de 2007 e 14.026 de 2020 atribuíram ao ente regulador, em face à escassez hídrica, a responsabilidade por normatizar as medidas de contingências e emergências, inclusive o racionamento. A referida norma também definiu que em caso de situação de escassez hídrica declarada pela autoridade gestora de recursos hídricos, que obrigue a adoção de racionamento, o ente regulador pode adotar mecanismos tarifários de contingência com objetivo de cobrir custos adicionais e garantir a gestão da demanda. Esses mecanismos não estavam regulamentados em Minas Gerais, na época da crise hídrica.

Nota-se neste caso, uma clara interface entre a regulação de saneamento e de recursos hídricos, que demanda uma atuação integrada entre os dois setores em situações de crise hídrica.

Para além da condição de crise, a gestão das águas em áreas urbanas tem grande complexidade, visto que precisa compatibilizar a quantidade limitada de água no território e os requisitos de qualidade com os usos, dentre os quais tem prioridade legal o abastecimento público de água potável. Nestas circunstâncias, o conceito de Segurança Hídrica (COOK e BAKKER, 2012; GERLAK *et al*., 2018; Global Water Partnership, 2000; UN-Water, 2013; MELO, 2016) representa um objetivo a ser alcançado e deve ser a base para uma política pública das águas que estabelece ações afim de reduzir os riscos de não provimento de água para os usos múltiplos.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo principal avaliar o nível de segurança hídrica do abastecimento da RMBH face à crise hídrica de 2014/2015, sob o aspecto de quantidade de água bruta. Para tanto, foi feita uma caracterização da severidade da estiagem e da redução da disponibilidade hídrica bem como uma análise da efetividade das medidas tomadas pelas

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

políticas voltadas à gestão de recursos hídricos e do saneamento para enfrentar o período de crise hídrica.

## MATERIAL E MÉTODOS

### CARACTERIZAÇÃO DA CRISE HÍDRICA NA RMBH

Para caracterizar o fenômeno da crise hídrica na RMBH, foram analisados os dados de chuva nas bacias dos rios Velhas e Paraopeba, além das vazões nos mananciais de abastecimento. Para avaliação do comportamento das chuvas, definiu-se a climatologia de chuva em mm/dia das bacias dos rios das Velhas e Paraopeba no período entre 1981-2010. Foram utilizados os dados de chuva do projeto GCPC - *Gauge-Based Analysis of Global Daily Precipitation* (CHEN, 2008).

Para a avaliação do comportamento das vazões, foram calculadas as séries de vazões médias históricas mensais, com base em estações fluviométricas oficiais localizadas próximo aos pontos de captação de abastecimento (Estações Honório Bicalho, Ponte Nova do Paraopeba e Betim), cujos dados foram transferidos por equações empíricas simples para cada ponto de captação. As médias históricas, de cada ponto de captação, foram comparadas com as médias mensais dos anos de 2013 a 2015.

### SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DA RMBH

O sistema de abastecimento público da RMBH tem uma capacidade de produção total de 21,8 $m^3$/s. Na bacia do Paraopeba, o sistema é composto por três reservatórios: Manso, Serra Azul e Vargem das Flores, que, em conjunto, fornecem uma vazão de 7,95 $m^3$/s. A captação no rio das Velhas (Sistema Bela Fama) é realizada a fio d'água e garante vazão de 7,5 $m^3$/s. Estes sistemas, juntos, fornecem aproximadamente 92% da água para o abastecimento da RMBH (PMSB-BH, 2015). Uma obra emergencial de captação foi implantada em 2015, como resposta à crise hídrica, no rio Paraopeba, capaz de prover 5,0 $m^3$/s, representando 25% do aumento da oferta de água para o abastecimento metropolitano. A Figura 2 apresenta a localização dos mananciais de abastecimento da RMBH.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

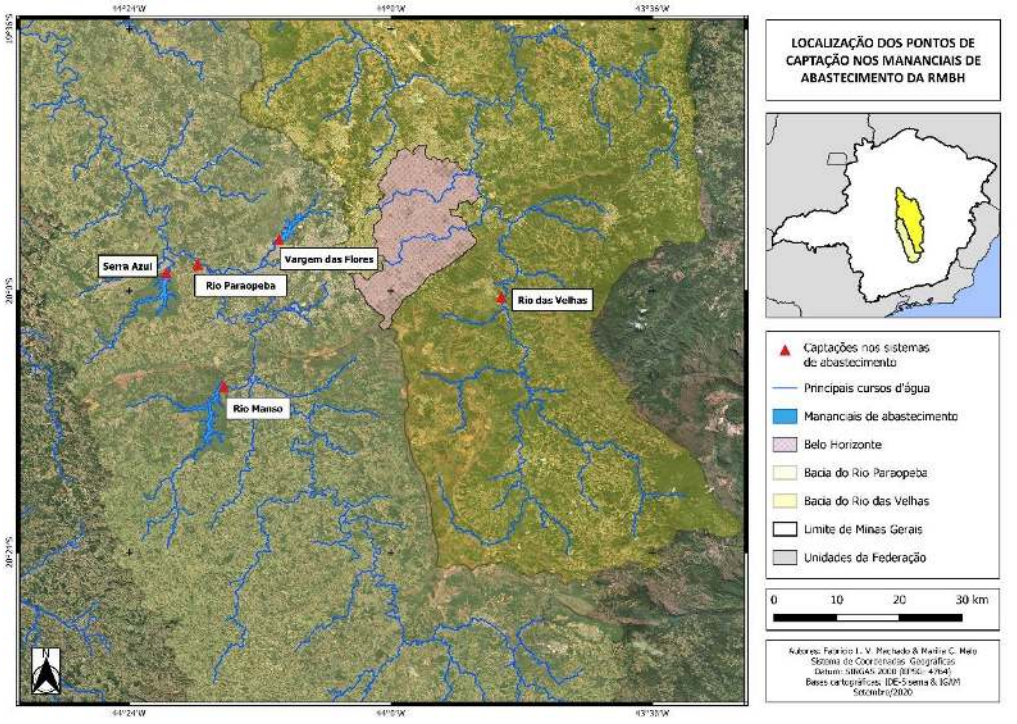



**Figura 2 -** Localização dos pontos de captação nos mananciais de abastecimento da RMBH.

## PROPOSIÇÃO DE MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA NA RMBH

Considerando o cenário exposto e as medidas realizadas pelo estado de Minas Gerais para lidar com a crise buscou-se, neste artigo, avaliar a efetividade dessas ações frente à preocupação com a segurança hídrica da RMBH. Ressalta-se que o conceito de segurança hídrica e os métodos para a sua avaliação não são consensuais na literatura (CALOW, *et al*., 2013; BAKKER, 2012; GWP, 2014; MELO, 2016). Entretanto, existem alguns pontos em comum: a segurança hídrica deve ser avaliada de forma multidimensional, abordando tanto aspectos físicos da água como quantidade e qualidade, mas também aspectos ambientais, sociais e econômicos (VAN DE VEN, *et al*., 2007; SULLIVAN, *et al*., 2003; LINDHE, *et al*., 2010; WANG, *et al*., 2016).

Por ser um conceito baseado em métricas, diversos índices para mensurar a segurança hídrica têm sido utilizados na literatura para avaliar a situação de bacias, países, cidades ou um espaço geográfico. As abordagens que recorrem a métricas incluem variáveis que se relacionam a grupos amplos de indicadores de quantidade de água disponível, de qualidade da água, de variabilidade climática e eventos extremos hidrológicos, e de aspectos ambientais, institucionais e sociais (Jensen and Wu, 2018; Dunn *et al*., 2012;Arcadis, 2015; Ginkel *et al*., 2018)

No presente trabalho é avaliada a evolução da segurança hídrica da RMBH apenas sob o aspecto de quantidade de água durante o período de janeiro de 2011 a junho de 2016, a fim de se comparar o período que antecedeu a crise

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

hídrica em Minas Gerais e o período de recuperação dos mananciais da RMBH. A seguir, são descritos os passos metodológicos para atingir o objetivo proposto.

## DEFINIÇÃO DOS PERÍODOS DE ANÁLISE

A avaliação do índice de segurança hídrica foi dividida em quatro períodos:

(I) **Período de referência**, ou seja, quando não havia indicativos de escassez: janeiro de 2011 a março de 2014;
(II) **Período da crise hídrica no sudeste brasileiro**, quando a temática se tornou recorrente no noticiário nacional, para além do que se passava em Minas Gerais: abril de 2014 a dezembro de 2014;
(III) **Período da crise hídrica oficial? em Minas Gerais,** após anúncio ~~oficial~~ do governo estadual e da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA: janeiro de 2015 a dezembro de 2015; e
(IV) **Período de recuperação** dos reservatórios e de retorno à normalidade, considerando o anúncio oficial da COPASA descartando qualquer possibilidade de racionamento e o início da operação da adutora do rio Paraopeba: janeiro de 2016 a junho de 2016.

Considerando que o consumo de água apresenta uma sazonalidade significativa ao longo dos meses do ano, para que fosse possível comparar os períodos definidos, foi necessário retirar a influência de sazonalidade mediante aplicação do modelo exponencial Holt-Winters, que permite identificar padrões de tendência e sazonalidade através da separação dos efeitos destes fatores no comportamento de uma série temporal (ARSAE, 2016).

## DEMANDA DE ÁGUA

A demanda urbana da RMBH foi estimada através da diferença entre o volume captado de cada sistema de abastecimento e as perdas existentes no sistema de distribuição, consideradas como a diferença entre o captado e o micromedido pelos hidrômetros. Para calcular o índice de perdas a ser aplicado, foram levantados os índices de perda de cada município abastecido pelos sistemas interligados do Paraopeba e Velhas e ponderado de acordo com sua participação no consumo de água do sistema, expresso na Equação 1.

$$D = Qc.\Delta t - P \qquad (1)$$

Onde:

*D* – Média Mensal da demanda de água (m³).

$Q_c$ – Média Mensal da Vazão captada por sistema (m³/s).

$\Delta t$– Intervalo de tempo de 1 mês.

*P* – Média mensal do volume de água perdido (m³).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

## OFERTA DE ÁGUA

A oferta de água foi estimada a partir do volume armazenado de água para os sistemas com reservatórios. E, no caso do Sistema do rio das Velhas, onde a captação é realizada a fio d'água, foi considerada a própria vazão captada.

## ÍNDICE DE SEGURANÇA HÍDRICA

Para medir a segurança hídrica foi utilizado um índice (indicador) já consolidado na literatura nacional e internacional, que mede a demanda em relação à oferta de água (RASKIN, *et al*., 1997; GWP, 2013; MCNULTY *et al*., 2010). Para o presente trabalho, esse índice foi calculado conforme a Equação 2.

$$I = \frac{VC_{SRM}+VC_{SSA}+VC_{SVF}+VC_{SRV}+VC_{RP}-P}{V_{SRM}+V_{SSA}+V_{SVF}+VC_{SRV}} \qquad (2)$$

Onde:

$I$ – Índice de segurança hídrica (%).

$VC_{SRM}$ – Volume captado no Sistema Rio Manso (m³).

$VC_{SSA}$ – Volume captado no Sistema Serra Azul (m³).

$VC_{SVF}$ – Volume captado no Sistema Vargem das Flores (m³).

$VC_{SRV}$ – Volume captado no Sistema Rio das Velhas (m³).

$VC_{Rp}$ – Volume captado no Rio Paraopeba (m³).

$P$ – Volume de água perdida (m³).

$V_{SRM}$ – Volume Total do Sistema Rio Manso (m³).

$V_{SSA}$ – Volume Total no Sistema Serra Azul (m³).

$V_{SVF}$ –Volume Total do Sistema Vargem das Flores (m³).

Segundo Calow (2012), o grau de segurança hídrica dever ser avaliado de acordo com parâmetros definidos com as realidades locais e considerando os dados disponíveis. Diante disso, foi proposta uma escala de grau de risco para o abastecimento público de água para os sistemas compartilhados da RMBH. As faixas para determinação do status da Segurança Hídrica foram definidos em função da Deliberação Normativa - DN nº 49 de 2015 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos e da duração do volume de água reservada, conforme apresentado na Tabela 1. Como pode ser observado a duração do volume de água reservada é o inverso do índice de segurança hídrica.

**Tabela 1 -** Faixas para determinação do status de Segurança Hídrica.

| Índice de Segurança Hídrica (I) | <8% | >8% e <15% | >15% e < 30% | >30% |
|---|---|---|---|---|
| Status | Normalidade | Atenção | Alerta | Emergência |

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Foi feita uma avaliação da recuperação dos reservatórios para melhor compreender em qual medida cada variável contribuiu para a recuperação. Foram consideradas três variáveis principais: (i) precipitação; (ii) gestão da demanda; e (iii) gestão da oferta. Para estimar a contribuição de cada um desses fatores, foi feito um balanço hídrico simples dos reservatórios, através da Equação 3:

$$\Delta V = Q_e - Q_s \quad (3)$$

Onde:

*ΔV* – Variação de volumes em um intervalo de tempo.

*Qe* – Vazão de entrada (m³/s).

$Q_S$ – Vazão de saída (m³/s).

A partir da variação dos volumes verificados nos reservatórios, identificou-se qual foi a contribuição da gestão da demanda através da diferença entre o volume captado no mês e o volume médio captado no período anterior à crise hídrica de Minas Gerais. Por fim, a contribuição da gestão da oferta foi calculada a partir do volume captado no rio Paraopeba que representa quanto os volumes armazenados nos reservatórios deixaram de diminuir devido a uma nova captação instalada a fio d'água no rio Paraopeba em 2015. Por fim, a contribuição da precipitação é definida pela diferença entre a variação do volume armazenado e as contribuições da gestão da oferta e da demanda.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### CARACTERIZAÇÃO DO FENÔMENO

Com a estiagem ocorrida entre 2013 e 2015, os sistemas de abastecimento Velhas e Paraopeba foram significativamente impactados e a segurança hídrica do abastecimento público da RMBH passou a ser agenda central do estado de Minas Gerais. Os itens a seguir avaliam a alteração no comportamento climático e a redução resultante nas vazões dos principais corpos de água das bacias em estudo.

O regime de chuvas na RMBH caracteriza-se por um período chuvoso que compreende os meses de outubro a março e representa cerca de 87% da chuva anual total. Dezembro é o mês mais chuvoso seguido por janeiro, acumulando, juntos, 41% da chuva média plurianual mensal. Na análise da Figura 3, é possível observar a comparação do regime de chuva dos anos 2013, 2014 e 2015 em relação aos valores médios de referência para precipitação nas bacias do rio das Velhas e Paraopeba.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

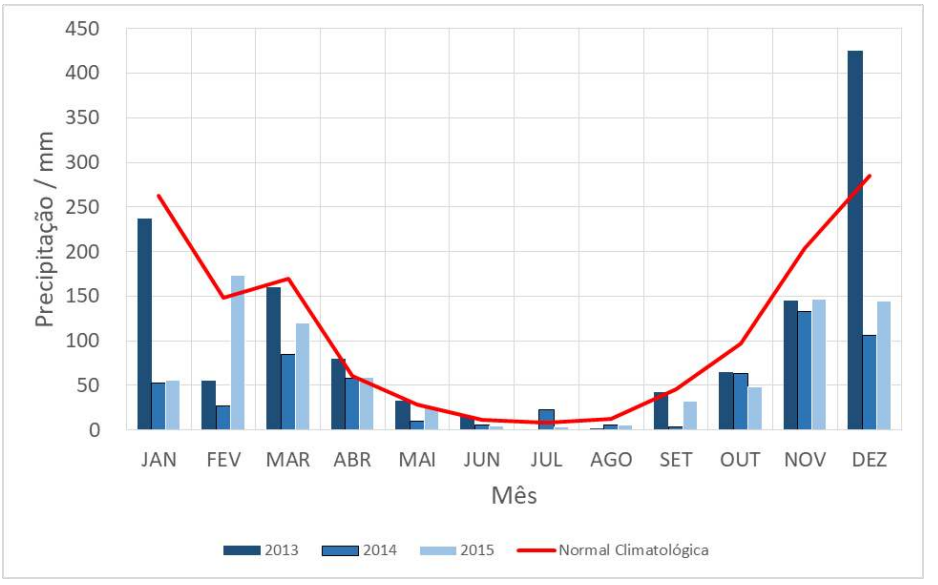



**Figura 3 -** Comparação entre a média mensal de precipitações e a precipitação mensal acumulada nos anos de 2013, 2014 e 2015, nas bacias dos rios Velhas e Paraopeba, MG.

O comportamento meteorológico apresentado gerou como consequência a diminuição da vazão do rio das Velhas e dos níveis dos reservatórios na bacia do rio Paraopeba. Os resultados são apresentados graficamente nas Figuras 4 a 7. Como pode ser observado, as descargas mensais na maior parte dos meses nos anos de 2013 a 2015 foram inferiores às descargas médias mensais da série histórica.

*SISTEMA RIO DAS VELHAS*

No sistema Rio das Velhas observou-se que no ano de 2013 o comportamento das vazões mensais foi próximo das médias históricas, muito embora deva se destacar que em meses de maior intensidade de chuva (janeiro a março e novembro) a média mensal tenha sido inferior à média histórica. Em 2014, todos os meses apresentaram vazões menores do que as correspondentes à média histórica e, no ano de 2015, houve uma leve recuperação com relação ao ano de 2014, com exceção do mês de agosto.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

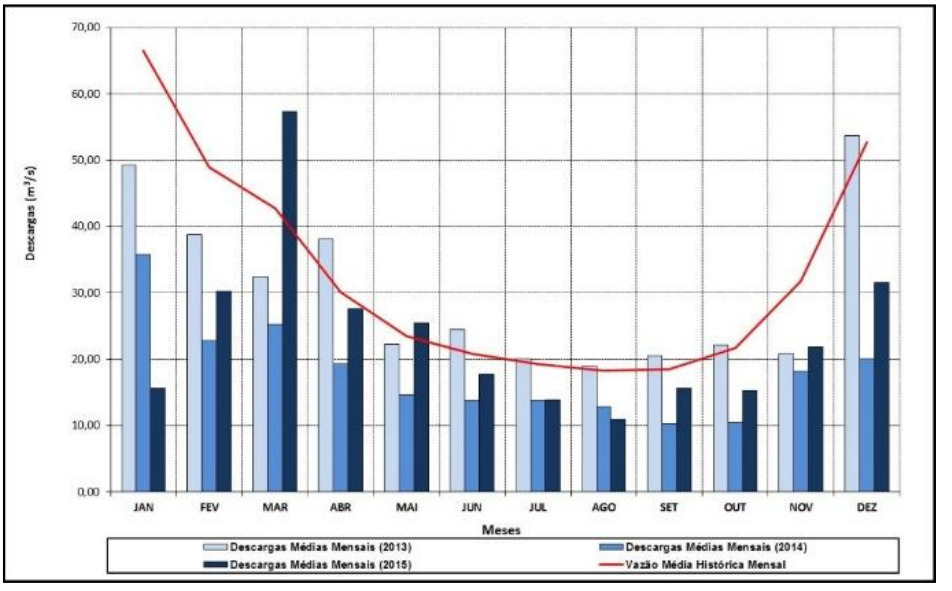



**Figura 4 -** Vazões Médias Mensais rio das Velhas – 2013 a 2015 e Vazão Média Mensal Histórica (Out/1963 – Jan/2016).

*SISTEMA MANSO E VARGEM DAS FLORES*

Nos sistemas Rio Manso e Vargem das Flores, pode ser observado que, à exceção de março de 2015, todos os valores foram inferiores às vazões médias históricas mensais, tendo a pior situação ocorrida no ano de 2014.

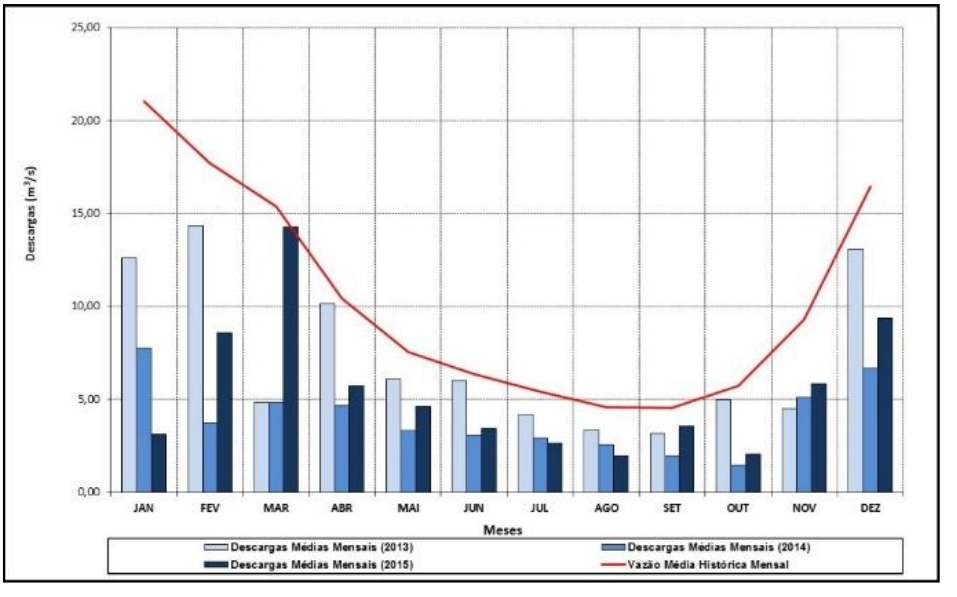



**Figura 5 -** Vazões Médias Mensais Rio Manso – 2013 a 2015 e Vazão Média Mensal Histórica (Jan/1938 – Jan/2016).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

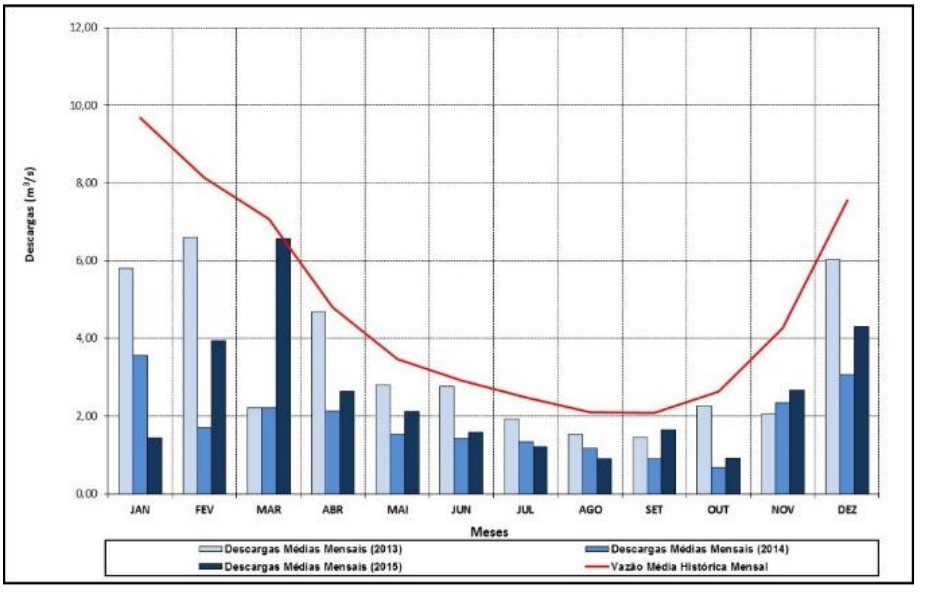



**Figura 6 -** Vazões Médias Mensais Rio Betim – 2013 a 2015 e Vazão Média Mensal Histórica (Jan/1938 – Jan/2016).

*SISTEMA SERRA AZUL*

O sistema Serra Azul apresentou o pior cenário dentre todos os sistemas produtores, com vazões médias do período 2013 a 2015, sempre inferiores à média histórica mensal.

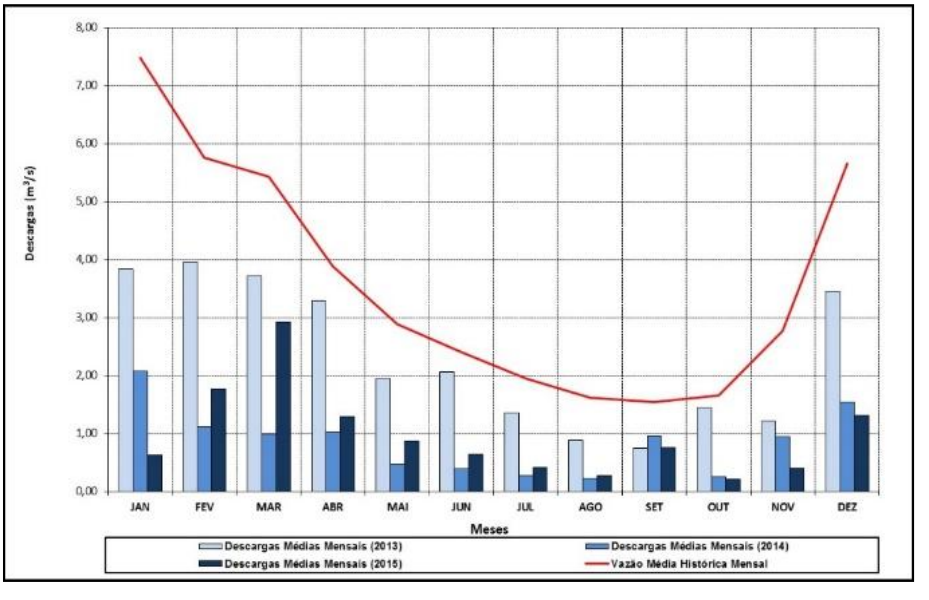



**Figura 7 -** Vazões Médias Mensais ribeirão Serra Azul – 2013 a 2015 e Vazão Média Mensal Histórica (Jan/1979 – Jan/2016).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

## MEDIDAS DE ENFRENTAMENTO DA CRISE HÍDRICA

No final de 2014 e início de 2015, o governo do estado de Minas Gerais planejou e implementou uma série de medidas para aumentar a segurança hídrica do abastecimento dos usuários de água.

### *FORÇA TAREFA GOVERNAMENTAL*

Em 2015, o governo de Minas Gerais instituiu uma Força Tarefa, (Decreto nº 46.711, de 27/01/2015) com a finalidade de planejar e articular ações setoriais voltadas para o gerenciamento dos recursos hídricos. A Força Tarefa foi composta por treze órgãos de governo e teve prazo de 180 dias para a conclusão dos seus trabalhos.

Foram elaborados diagnósticos da situação dos recursos hídricos no Estado, em particular nos municípios em risco de abastecimento público, e propostas ações de fiscalização, medidas de incentivo à redução voluntária do uso de água e obras emergenciais. Foi apontada a urgente necessidade de se elaborar um plano estadual de saneamento, integrado ao plano de recursos hídricos já existente.

### *INFRAESTRUTURA PARA AUMENTO DA OFERTA DE ÁGUA*

Como decorrência dos trabalhos da Força Tarefa, foi construída, entre abril e dezembro de 2015, a estação para captação de água no rio Paraopeba. Em maio de 2016 foi concedida uma outorga, Portaria IGAM nº 01204/2016, de 13/05/2016, para a COPASA/MG no rio Paraopeba, cuja vazão máxima de adução autorizada é 5 $m^3/s$.

### *GESTÃO DE DADOS E INFORMAÇÕES DE RECURSOS HÍDRICOS*

O Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM identificou a necessidade de produzir dados novos e sistematizar os existentes. Em outubro de 2014, o IGAM iniciou o trabalho de sistematização de informações, foram publicadas em informativos hidrometeorológicos que apresentavam a situação em cada bacia do estado (IGAM, 2014). Em dezembro de 2014, três normas administrativas foram publicadas. Este grupo de normas garantiu maior controle aos usos de água no estado e ampliou o conhecimento do IGAM sobre as condições de uso de água, a infraestrutura hídrica existente, especialmente barramentos. As normas ainda resultaram na ampliação da base de dados utilizados na gestão do recurso, bem como propiciaram tomadas de decisões assertivas em momentos de crise.

A primeira norma, Resolução Conjunta 2237, da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD e do IGAM, de 05/12/2014, estabeleceu procedimentos a serem observados pelos usuários de recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais visando o envio dos dados de monitoramento pluviométrico, limnimétrico e fluviométrico associados a reservatórios para aproveitamento hidrelétrico e para abastecimento público.

A segunda norma, Resolução Conjunta 2249, SEMAD/IGAM, de 30/12/2014, estabeleceu critérios para implantação e operação dos

equipamentos hidrométricos visando a adoção de medidas de controle e monitoramento nas autorizações de uso de água em Minas Gerais. Antes dessa norma, nas outorgas de direito de uso de recursos hídricos concedidas no Estado não havia exigência de implantação de equipamentos hidrométricos que assegurassem a avaliação das quantidades realmente usadas, o que reduzia a eficácia da fiscalização. Esta resolução foi republicada em outubro de 2015 (nº 2302/2015) para aprimoramentos técnicos e metodológicos.

A terceira norma, Resolução Conjunta 2257, SEMAD/IGAM, de 31/12/2014, estabeleceu os procedimentos para cadastramento de barragens, barramentos ou reservatórios em cursos d'água no estado de Minas Gerais, em linha com a Lei Federal 12334/2010, que instituiu o Sistema de segurança de barragens, que, neste caso todas as barragens de água e não somente aquelas destinadas a abastecimento público.

## RESTRIÇÃO DE USO DA ÁGUA BRUTA

A principal medida deliberada pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH para permitir a atuação do Estado no controle e restrição do uso, foi o instrumento que correlacionou as situações de escassez, em três graus, com o consumo permitido correspondente (DN nº 49 de 2015). A medida foi pioneira no Brasil e se alinha com a prática adotada em outros países, voltada para garantir o acesso de todos os usuários à água conforme as prioridades de uso (Louisville, 2013).

A Deliberação do CERH estabeleceu níveis de criticidade a serem caracterizados pelo IGAM com base em uma rede de monitoramento fluviométrico de referência, e em dados confiáveis fornecidos pelos próprios usuários de água. Para os cursos d'água são três os níveis de criticidade:

- estado de atenção: $Q_{\text{curso d'água}} < 200\%\ Q_{7,10}$;
- estado de alerta: $200\%\ Q_{7,10} \leq Q_{\text{curso d'água}} < 100\%\ Q_{7,10}$;
- estado de restrição: $Q_{\text{curso d'água}} \leq 50$ ou 70% da $Q_{7,10}$, conforme critério de outorga nas unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos; e

Para os reservatórios, os níveis de criticidade são dois:

- estado de alerta: reservatório incapaz de suprir o uso outorgado, em si e a jusante, ao longo do período de estiagem;
- estado de restrição: reservatório incapaz de suprir o uso outorgado, em si e a jusante, ao longo do período de estiagem, com risco superior a 70%.

No estado de restrição, os usuários da bacia devem reduzir o uso em 20% para abastecimento público, 25% para irrigação e 30% para os demais usos da água. Os percentuais foram estabelecidos pelo CERH com base na prioridade estabelecida em Lei para o abastecimento público e por considerar que a irrigação é condição de garantia da segurança alimentar.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

## GESTÃO DA DEMANDA DA ÁGUA TRATADA JUNTO AOS CONSUMIDORES FINAIS

(a) Campanha de redução de uso doméstico

A COPASA iniciou em janeiro de 2015, uma ampla campanha de incentivo à redução de uso de água, que almejava redução de 30% no consumo de água pelos consumidores finais. Segundo os dados da COPASA, para os municípios em que a concessionária detém a concessão na RMBH, a redução do consumo chegou a 14%. Para o município de Belo Horizonte foi verificada uma redução de 14% de março a maio, e de 15% em junho, comparado com o mesmo período do ano anterior. (COPASA, 2016).

(b) Resolução de racionamento

A Agência Reguladora dos Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário de Minas Gerais – ARSAE-MG aprovou em maio de 2015 uma resolução que estabelece diretrizes gerais para adoção de medidas de racionamento do abastecimento público de água potável e conteúdo mínimo do Plano de Racionamento. Não houve aplicação de racionamento

(c) Tarifa de contingência

A aprovação da DN 49/2015 foi fundamental para que a ARSAE-MG pudesse estruturar a possibilidade da aplicação da tarifa de contingência. Embora ela não tenha sido utilizada, todo o estudo técnico foi desenvolvido. Esse foi um bom exemplo de coordenação entre a regulação dos dois setores.

## PROTEÇÃO DE MANANCIAIS

Outro resultado dos trabalhos da Força Tarefa governamental foi a instituição do programa "Cultivando Água Boa", de recuperação de bacias hidrográficas, em acordo com a Empresa Itaipu Binacional (Decreto nº 46.730, de 25 de março de 2015).

## AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DAS VAZÕES

A aplicação da metodologia proposta nos principais sistemas de abastecimento da RMBH está demonstrada nas seguintes etapas:

(I) Contabilização da demanda por período classificado;
(II) Contabilização da oferta por período classificado;
(III) Aplicação do Índice de segurança hídrica para a RMBH; e
(IV) Avaliação das variáveis selecionadas por período.

## DEMANDA X OFERTA

Ao avaliar a oferta de água por período, percebe-se uma queda brusca, de quase 50% no volume entre o período de referência e o período de crise hídrica na região sudeste (Fig. 9). No entanto, nesse mesmo período a demanda de água aumentou em quase 7% (Fig. 8). Cabe ressaltar que os pronunciamentos oficiais tanto do Governo de Minas Gerais quanto da COPASA eram de que a situação estava sob controle e não havia nenhum risco de racionamento, mesmo após os sucessivos anúncios da situação de crise no

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Sudeste, especialmente nos mananciais de São Paulo. Em relação ao período seguinte, a oferta continuou a diminuir de maneira acentuada, em mais de 35%. Porém, com o anúncio oficial da COPASA e do governo da crise hídrica no Estado em janeiro de 2015, a demanda passa por uma reversão e apresenta queda de aproximadamente 11%. No quarto período analisado, chamado de recuperação, a oferta apresenta um aumento significativo, de 76%, enquanto a demanda continua a cair, porém em ritmo menor, apenas 2,34%.

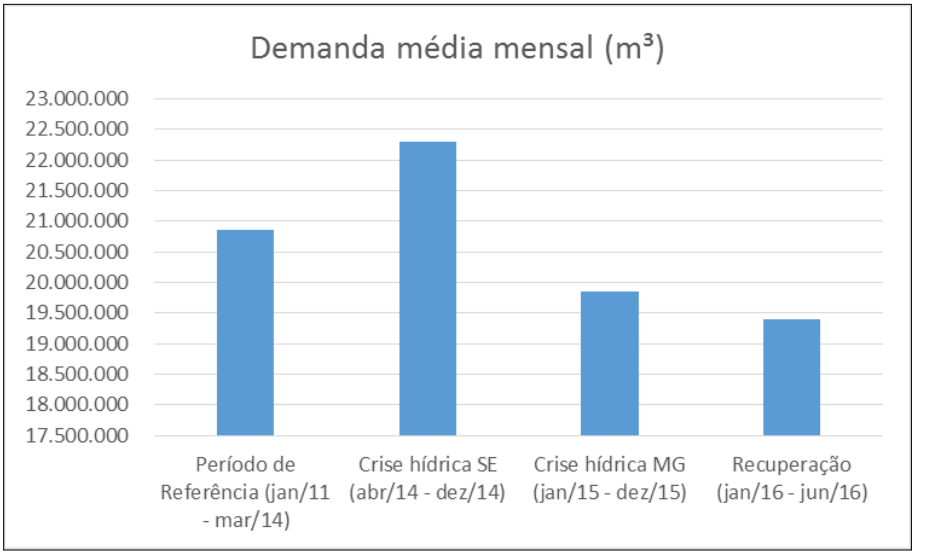



**Figura 8 -** Demanda média mensal por período de estudo.

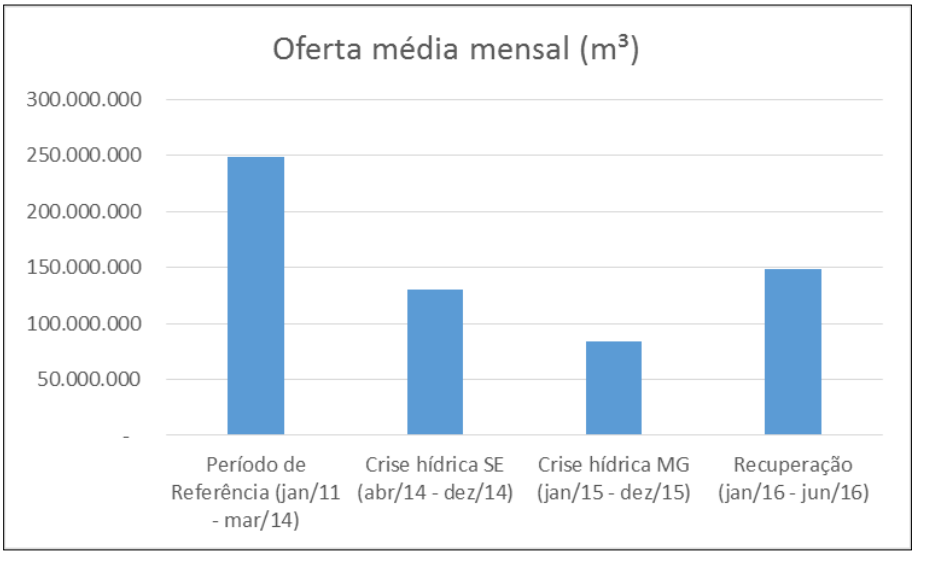



**Figura 9 -** Oferta média mensal por período de estudo.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

## ÍNDICE DE SEGURANÇA HÍDRICA

A evolução do Índice de Segurança Hídrica pode ser observada na Figura 10. Durante o período de referência, observa-se que na fase inicial, ele se manteve praticamente estável dentro do estágio de normalidade, conforme classificação proposta; a partir de outubro de 2012 o índice atingiu o status de atenção e permaneceu até o final do período, com algumas oscilações na condição de normalidade. No período da crise hídrica do Sudeste, inicia-se no status de atenção, entra na condição de alerta a partir de setembro de 2014 em diante. Ressalta-se que nesse período o índice cresceu bastante mostrando sinais de que era necessário iniciar medidas para garantir a segurança hídrica. Já no período da crise hídrica em Minas Gerais, o índice inicia em 22,2% (alerta), cai para 15,7% em junho de 2015 e começa a crescer de forma acentuada até 26,4%. A pior condição, o ápice, ocorreu em outubro de 2015, na sequência observa-se uma queda leve nos dois meses seguintes. Já no período de recuperação, o índice apresenta uma redução brusca para 11,5% em janeiro de 2016, em função, especialmente, do volume de chuvas e da entrada em operação da adutora de captação no rio Paraopeba.

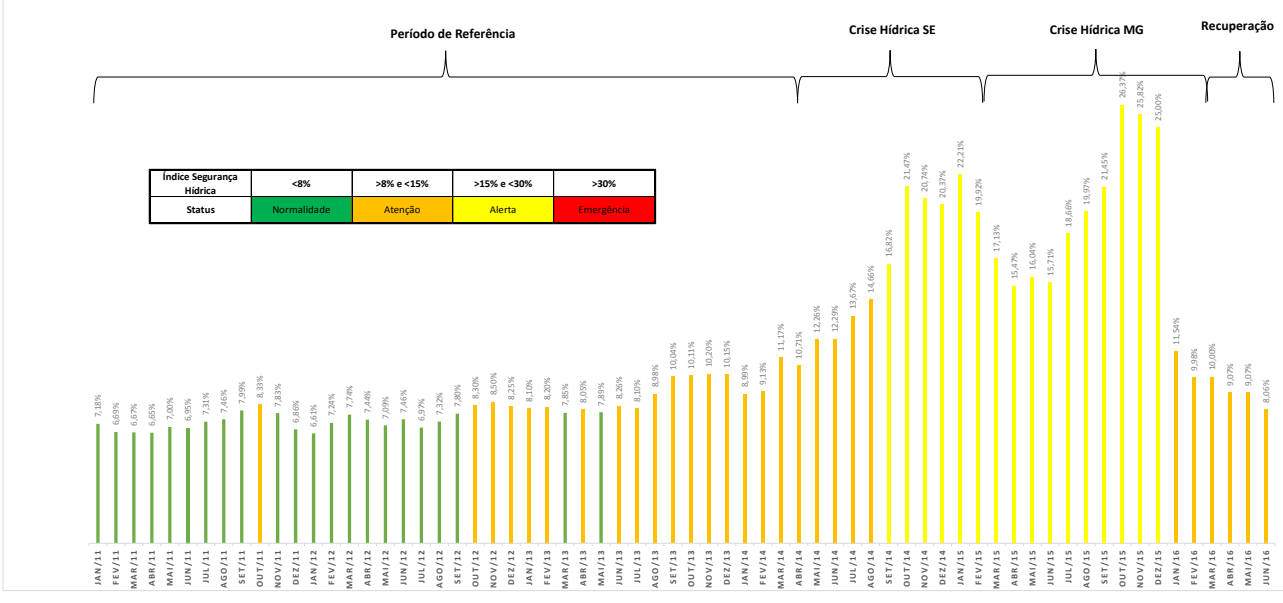


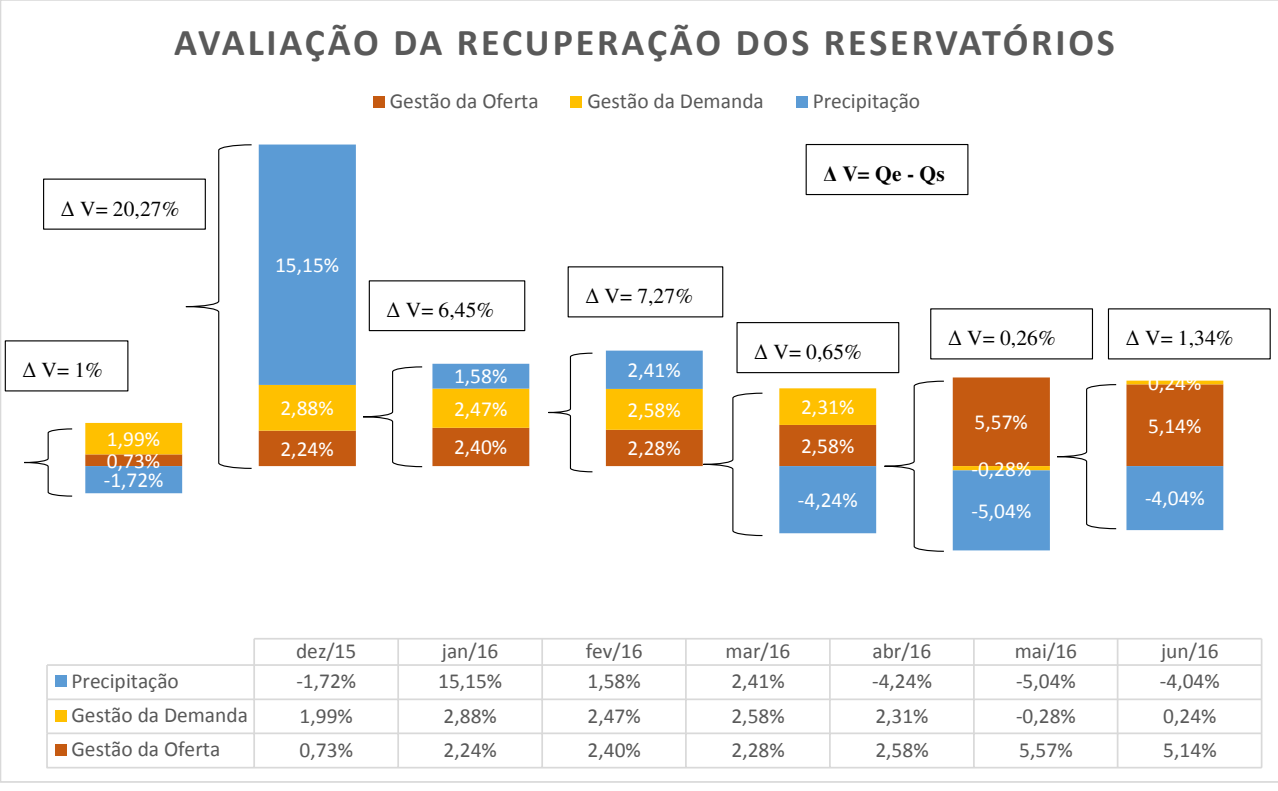

**Figura 10 -** Índice de segurança hídrica aplicado ao abastecimento da RMBH entre janeiro de 2011 a julho de 2016.

Com base nos resultados apresentados, foi realizada uma análise das variáveis 'Gestão da oferta', 'Gestão da Demanda' e 'Precipitação' que se relacionam à recuperação dos reservatórios do Sistema Paraopeba, como forma de avaliar a efetividade das ações realizadas.

Observa-se que, no período de crise hídrica em Minas Gerais, o volume dos reservatórios diminuiu até dezembro de 2015. Essa diminuição da oferta hídrica somente não foi mais grave devido aos resultados positivos de ações de gestão da demanda, empreendidas entre janeiro e novembro de 2015; estas evitaram uma redução de 9,6% do volume equivalente dos reservatórios. No período entre dezembro de 2015 e junho de 2016, conforme apontado na Figura 11, a gestão da demanda foi responsável por 12,2% da recuperação dos reservatórios, sendo que no mês de maio de 2016 ela foi negativa e junho de

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

2016 levemente positiva. Portanto indica uma tendência de reversão na redução da demanda, provavelmente em função da recuperação dos reservatórios e o fim das campanhas de conscientização e uso racional da água.




| | dez/15 | jan/16 | fev/16 | mar/16 | abr/16 | mai/16 | jun/16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Precipitação | -1,72% | 15,15% | 1,58% | 2,41% | -4,24% | -5,04% | -4,04% |
| Gestão da Demanda | 1,99% | 2,88% | 2,47% | 2,58% | 2,31% | -0,28% | 0,24% |
| Gestão da Oferta | 0,73% | 2,24% | 2,40% | 2,28% | 2,58% | 5,57% | 5,14% |

**Figura 11 -** Avaliação da contribuição das variáveis 'Precipitação', 'Gestão da Demanda' e 'Gestão da oferta' para a recuperação dos reservatórios do sistema Paraopeba**.**

Em relação à gestão da oferta, a principal ação realizada foi a construção da adutora de captação de água bruta no rio Paraopeba, que iniciou sua operação em dezembro de 2015, que desde então, foi responsável por um aumento equivalente a 20,9% do volume dos reservatórios, sendo que a metade desse valor se deu nos dois últimos meses analisados, maio e junho de 2016.

Outra variável analisada foi a precipitação. No período entre dezembro de 2015 e junho de 2016, ela foi responsável por um aumento equivalente de 4,1% no volume dos reservatórios, sendo que entre janeiro e março de 2016 a precipitação contribuiu positivamente, com destaque para o mês de janeiro que respondeu por 15,2%.

## CONCLUSÃO

Este trabalho permitiu avaliar o nível de segurança hídrica do abastecimento da Metrópole de Belo Horizonte durante a crise hídrica 2014/2015, ao caracterizar a severidade da crise hídrica, identificar as medidas emergenciais empreendidas e analisar sua efetividade. Pôde-se concluir que apesar de reativas, as ações realizadas foram decisivas para evitar um

racionamento e assim garantir a segurança hídrica do abastecimento público na RMBH.

Entretanto, constatou-se ser necessário adotar abordagens mais adaptativas que permitam mudar da gestão de crise para uma gestão de riscos associados a períodos de escassez hídrica. Isso implica, de um lado, em elaborar medidas preparatórias para a próxima estiagem severa/seca, que compreendem o monitoramento, o alerta precoce e planos de contingência, como proposto por De Nys, Engle e Magalhães (2016). De outro lado, é preciso empreender ações estruturais e estruturantes de médio e longo prazo, tais como a avaliação e planejamento de infraestrutura hídrica capazes de lidar com estiagens prolongadas, controle de perdas, programas de proteção de mananciais e ações que viabilizem a melhoria da qualidade das águas urbanas como tratamento de esgotos domésticos.

## REFERÊNCIAS

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água. Brasília: ANA, 2010.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Sistema de Informações Hidrológicas. Brasília: ANA, 2016

ARCADIS. Sustainable cities water index: Which cities are the best placed to harness water for future success? Amsterdam, Netherlands: Arcadis, 2015.

ARMBH. AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE. Disponível em: <http://www.agenciarmbh.mg.gov.br/institucional/rmbh-e-colar-metropolitano>. Acesso em: 15/08/2018.

ARSAE. AGENCIA REGULADORA DE SERVICOS DE ABASTECIMENTO DE AGUA E DE ESGOTAMENTO SANITARIO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Disponível em: <http://www.arsae.mg.gov.br/2015-10-29-12-23-44/planos-saneamento-basico>. Acesso em: 08/08/2018.

BAKKER, K. Water: Political, biopolitical, material. Social Studies of Science, v. 42, n. 4, p. 616–623, 2012.

BAKKER, K.; COOK, C. Water governance in Canada: Innovation in the context of fragmentation. International Journal of Water Resources Development, v. 27, n. 2, p. 275-289, 2011.

BELO HORIZONTE. Plano Municipal de Saneamento. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte 2012-2015, 2014. Disponível em: < https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/2018/documentos/texto_2014.pdf>. Acesso em: 30/08/2018.

BRITTO, A.N.A.L.; FORMIGA-JOHNSSON, R.M.; ROBERTO, P.; CARNEIRO, F. Abastecimento público e escassez hidrossocial na Metrópole do Rio de Janeiro. Ambiente e Sociedade. 20, 287–287. 2016.

BROWN, A.; MATLOCK, M. D. A Review of Water Scarcity Indices and Methodologies. The Sustainability Consortium White Paper Series. 2011. Disponível em: <https://www.sustainabilityconsortium.org/wp-content/themes/sustainability/assets/

pdf/whitepapers/2011_Brown_Matlock_Water-Availability-Assessment-Indices-and-Methodologies-Lit-Review.pdf>. Acesso em: 04/05/2016.

CALOW, R.; LUDI, E.; TUCKER, J. Achieving water security: lessons from research in water supply, sanitation and hygiene in Ethiopia. Rugby, UK: Practical Action Publishing Ltd., 2013.

CHEN, M. *et al*. Assessing objective techniques for gauge-based analyses of global daily precipitation. Journal of Geophysical Research, v. 113, D04110, 2008.

COELHO, C. A. S.; CARDOSO, D. H. F.; FIRPO, M. A. F.. A seca de 2013 a 2015 na região sudeste do Brasil. Climanálise – Edição Especial de 30 anos, p. 55-61, 2016.

COELHO, C.A.S., CARDOSO, D.H.F., FIRPO, M.A.F. A seca de 2013 a 2015 na região sudeste do Brasil. Climanálise 55–61. 2016.

COOK, C.; BAKKER, K. Water security: Debating an emerging paradigm. Glob. Environ. Chang. 2012.

COPASA COMPANHIA DE SANEAMENTO DO ESTADO DE MINAS GERIAS. Dados de monitoramento da empresa. Disponível em: http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/abastecimento-de-agua/nivel-dos-reservatorios. Acesso em: 08/10/2018.

DE NYS, E.; ENGLE, N.; MAGALHÃES, A.R. Secas no Brasil: política e gestão pró-ativas. Brasília: CGEE, Banco Mundial, 2016.

DUNN, G., COOK, C., BAKKER, K., ALLEN, D. Water security guidance document. 2012.

FJP. FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Produto Interno Bruto, Relatório 2014. Disponível em: http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/cei/pib/pib-anuais/664-monitor-fjp-relatorio-anual-do-pibmg-2014-completo/file Acesso em: 10/09/2018.

GERLAK, A.K.; HOUSE-PETERS, L.; VARADY, R.G.; ALBRECHT, T.; ZÚÑIGA-TERÁN, A.; DE GRENADE, R.R.; COOK, C., SCOTT, C.A.. Water security: A review of place-based research. Environ. Sci. Policy 82, 79–89. 2018.

Ginkel, K, C. H., Hoekstra, A. Y., Hogeboom, R. J. Urban Water Security Dashboard: Systems Approach to Characterizing the Water Security of Cities. Journal of Water Resources Planning Management, 144(12). 2018.

GLOBAL WATER PARTNERSHIP. Towards water security: Framework for Action. Glob. Water Partnership. 2000.

GREY, D. *et al*. Water security in one blue planet: Twenty-first century policy challenges for science. Phil. Trans. R. Soc. A 371:1–10, 2013.

GREY, D.; SADOFF, C. W. Sink or Swim? Water security for growth and development. Water Policy, v. 9, p. 545–571, 2007.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. População de Minas Gerais, 2017. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/mg/panorama Acesso em 20/08/2018.

IGAM. INSTITUTO MINEIRO DAS ÁGUAS. Estratégias para a Segurança Hídrica em Minas Gerais: relatório final. Belo Horizonte: IGAM/SEMAD, 2014.

IGAM. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Relatório Anual de Gestão e Situação dos Recursos Hídricos de Minas Gerais -2014/2017. Belo Horizonte-MG, 135 p.2018.

JENSEN, O., WU, H. Urban water security indicators: Development and pilot. Environtal Science & Policy 83, 33–45. 2018.

LINDHE, A. *et al*. Cost-effectiveness analysis of risk-reduction measures to reach water safety targets. Water Research, v. 45, n. 1, p. 241-253, 2011.

LOUISVILLE. City of Louisville, Colorado drought management plan. Louisville. 2013.

MARENGO, J.A., NOBRE, C.A., SELUCHI, M.E., CUARTAS, A., ALVES, L.M., MENDIONDO, E.M., OBREGÓN, G., SAMPAIO, G. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. Rev. USP 31. 2015.

MARENGO, J.A.; ALVES, L.M. Crise Hídrica em São Paulo em 2014: Seca e Desmatamento. GEOUSP Espaço e Tempo 19, 485. 2015.

MASON, N; CALOW, R. Water security: from abstract concept to meaningful metrics - an initial overview of options. ODI Working Paper 357. London: Overseas Development Institute, 2012.

MCNULTY S. N., *et al*. Impacts of impervious cover, water withdrawals, and climate change on river flows in the conterminous US. Hydrology and Earth System Science, Munich, v.16, n.8, p. 2839-2857, 2010.

MELO, M.C. Segurança hídrica para abastecimento urbano: proposta de modelo analítico e aplicação na bacia do rio das Velhas, Minas Gerais. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2016.

NOBRE, C.; MARENGO, J.; SELUCHI, M.; CUARTAS, L. e ALVES, L. Some Characteristics and Impacts of the Drought and Water Crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015. *Journal of Water Resource and Protection*, 8, 252-262. 2016. Disponível em: <https://m.scirp.org/papers/63776>. Acesso em: 02/08/2020.

RASKIN, P. H. *et al.* Water Futures: Assessment of Long-range Patterns and Prospects - Estocolmo: Stockholm Environment Institute, 1997.

SULLIVAN, C. A. *et al*. The Water Poverty Index: Development and application at the community scale. Natural Resources Forum, v. 27, p. 189–199, 2003.

SULLIVAN, C. A. The Water Poverty Index: A tool for monitoring and prioritisation in the water sector. 2000. Disponível em: <http://ocwr.ouce.ox.ac.uk/ research/wmpg/wpi/>. Acesso em: 12/05/2016.

UN-WATER, 2013. Water Security & the Global Water Agenda. The UN-Water analytical brief.Disponível em: https://www.unwater.org/publications/water-security-global-water-agenda/. Acesso em 12/09/2020.

VAN DE VEN; DE GRAAF, R.; VAN DE GIESSEN, N., F. The closed city as a strategy to reduce vulnerability of urban areas for climate change. Water Sci Technol, v. 56, p. 165–173, 2007b.

WANG, J. *et al*. Optimal Allocation of Water Resources Based on Water Supply Security. Water, v. 8, n. 237; 2016.

WHITTINGTON, D.; SADOFF, C.; ALLAIRE, M. The Economic Value of Moving Toward a More Water Secure World. Estocolmo: GWP, 2013