

## **Balço hídrico climatológico e estudo da disponibilidade hídrica do reservatório da barragem Santa Cruz para o município de Guanhães/MG-Brasil**

**Climatological water balance and study of water availability in the Santa Cruz dam reservoir for the municipality of Guanhães/MG - Brazil**

**Estudio climatológico de balance hídrico y disponibilidad de agua del embalse de la represa de Santa Cruz para el municipio de Guanhães/MG-Brasil**

Recebido: 15/04/2022 | Revisado: 24/04/2022 | Aceito: 03/05/2022 | Publicado: 05/05/2022

**André Leal Rodrigues**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1656-3786>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: [andre\\_lealrodrigues@hotmail.com](mailto:andre_lealrodrigues@hotmail.com)

**Elisa de Pinho Barroso Mesquita**

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4750-3145>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: [elisapbm@hotmail.com](mailto:elisapbm@hotmail.com)

**Tadeu Miranda de Queiroz**

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1959-7658>

Universidade do Estado do Mato Grosso, Brasil

E-mail: [tdmqueiroz@unemat.br](mailto:tdmqueiroz@unemat.br)

### **Resumo**

O mundo todo tem apresentado situações frequentes de crises hídricas devido à má gestão dos recursos naturais. O balanço hídrico climatológico (BHC) é uma das formas de monitorar o armazenamento de água no solo, sendo ferramenta essencial no planejamento e gestão dos recursos hídricos. Diante deste cenário, o objetivo do trabalho foi estudar o balanço hídrico climatológico (BHC) da cidade de Guanhães/MG e relacionar o déficit hídrico encontrado com o estudo da disponibilidade de água do reservatório da barragem Santa Cruz, para suprimento da demanda em período de escassez hídrica do município. Para modelagem do BHC foi utilizada a metodologia de Thornthwaite e Mather. Foram avaliados três cenários do abastecimento público da cidade em período de estiagem, sendo um cenário considerando todo o abastecimento somente com a utilização do volume disponível no reservatório, um cenário considerando o volume do reservatório e a utilização de poços tubulares profundos de usos diários e um cenário considerando abastecimento com o volume do reservatório, utilização de poços tubulares profundos de usos diários e poços tubulares profundos de usos emergenciais. Como resultado principal verificou-se que os meses mais críticos de disponibilidade hídrica do município são os meses de junho, julho, agosto e setembro, onde pôde-se observar os maiores déficits de água. O reservatório construído para incremento de água em períodos críticos juntamente com os poços tubulares profundos diários e emergenciais não são suficientes para mitigar totalmente o impacto gerado pelo déficit hídrico do município nos quatro meses de estiagem. Por isso, recomenda-se que os gestores municipais estudem novas alternativas para incremento da disponibilidade hídrica e a população economize água nos meses de estiagem para colaboração conjunta no sentido de mitigar os efeitos do período de seca.

**Palavras-chave:** Crise Hídrica; Abastecimento público; Guanhães.

### **Abstract**

The whole world has presented frequent situations of water crises due to the mismanagement of natural resources. The climatological water balance (BHC) is one of the ways to monitor the storage of water in the soil, being an essential tool in the planning and management of water resources. Given this scenario, the objective of the work was to study the climatological water balance (BHC) of the city of Guanhães/MG and relate the water deficit found with the study of water availability in the reservoir of the Santa Cruz dam, to supply the demand in the period of water scarcity in the municipality. For modeling the BHC the methodology proposed by Thornthwaite and Mather was used. Three scenarios of the city's public supply during a dry period were evaluated, one scenario considering the entire supply only using the volume available in the reservoir, a scenario considering the reservoir volume and the use of deep tubular wells for daily use and a scenario considering supply with the volume of the reservoir, use of deep tube wells for daily use and deep tube wells for emergency uses. As a main result, it was found that the most critical months of water availability in the city are the months of June, July, August and September, where it was possible to observe the greatest water deficits. The reservoir built to increase water in critical periods, together with the daily and emergency

deep tubular wells, are not enough to fully mitigate the municipality's water deficit in the four months of drought. Therefore, it is recommended that municipal managers study new alternatives to increase water availability and that the population save water in the dry months for joint collaboration in order to mitigate the effects of the drought period.

**Keywords:** Water crisis; Public supply; Guanhães.

### Resumen

El mundo entero ha presentado frecuentes situaciones de crisis hídrica por el mal manejo de los recursos naturales. El balance hídrico climatológico (BHC) es una de las formas de monitorear el almacenamiento de agua en el suelo, siendo una herramienta fundamental en la planificación y gestión de los recursos hídricos. Ante ese escenario, el objetivo de este trabajo fue estudiar el balance hídrico climatológico (BHC) de la ciudad de Guanhães/MG y relacionar el déficit hídrico encontrado con el estudio de la disponibilidad de agua del embalse de la presa de Santa Cruz, para abastecer la demanda en un período de escasez de agua en el municipio. Para el modelado del BHC se utilizó la metodología de Thornthwaite y Mather. Se evaluaron tres escenarios de abastecimiento público de la ciudad durante la época seca, siendo un escenario considerando todo el abastecimiento solo con el aprovechamiento del volumen disponible en el reservorio, un escenario considerando el volumen del reservorio y el uso de pozos tubulares profundos para consumo diario y un escenario considerando el abastecimiento con el volumen del embalse, uso de pozos tubulares profundos para uso diario y pozos tubulares profundos para uso de emergencia. Como principal resultado se encontró que los meses más críticos de disponibilidad hídrica en el municipio son los meses de junio, julio, agosto y septiembre, donde se pudo observar los mayores déficit hídricos. El embalse construido para aumentar el agua en periodos críticos junto con los pozos entubados diarios y de emergencia no son suficientes para mitigar en su totalidad el impacto generado por el déficit hídrico del municipio en los cuatro meses de sequía. Por lo tanto, se recomienda que los gestores municipales estudien nuevas alternativas para aumentar la disponibilidad de agua y que la población ahorre agua en los meses secos para una colaboración conjunta con el fin de mitigar los efectos del período de sequía.

**Palabras clave:** Crisis del agua; Abastecimiento público; Guanhães.

## 1. Introdução

O desordenamento do gerenciamento e da utilização dos recursos naturais pode ocasionar danos irreparáveis ao meio ambiente, prejudicando todos aqueles que deste se beneficiam e cabe à sociedade a busca do equilíbrio na gestão destes recursos. Nos últimos anos, várias regiões do nordeste passaram por seguidos períodos de escassez de chuvas e consequente redução do nível dos reservatórios (Santos, 2020). Além disso, o crescimento populacional das cidades faz com que aumente a demanda por água, para os seus diversos usos, sejam eles doméstico, paisagístico ou industrial.

Segundo Tundisi e Matsumura-Tundisi (2011) a água é um recurso estratégico e um bem comum que deve ser compartilhado por todos, entretanto, os usos múltiplos excessivos têm gerado uma menor disponibilidade da água, ocasionando problemas de escassez hídrica em muitos países. Esses diversos usos em uma mesma bacia hidrográfica, podem gerar alterações na qualidade ou quantidade da água e trazer conflitos entre os múltiplos usuários dos recursos hídricos. Portanto, é necessário que políticas públicas sejam realizadas.

Devido à grande demanda atual por recursos hídricos, faz-se necessário o conhecimento do ciclo da água dentro de uma bacia hidrográfica, principalmente das variáveis de precipitação e evapotranspiração. De acordo com Camargo (1971), para saber se uma região apresenta deficiência ou excesso de água durante o ano, é indispensável comparar dois elementos opostos do balanço hídrico: a precipitação que fornece a umidade para o solo e a evapotranspiração que consome a umidade do solo.

O balanço hídrico é uma das várias formas de monitoramento do armazenamento de água no solo, a partir do qual são determinadas as épocas de deficiência e excedente hídrico, a reposição e a retirada da água do solo e também a classificação climática, assim pode-se identificar períodos cruciais, dentro de um determinado espaço de tempo (Jesus, 2015).

A unidade territorial básica para o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos é a bacia hidrográfica (Brasil, 1997). Ela é uma área da superfície terrestre delimitada topograficamente, cuja configuração resulta de uma série de elementos (geomorfológicos, pedológicos, hidrológicos, climáticos, fauna, flora e ocupação antrópica) que se sobrepõem no

espaço, constituindo uma dinâmica própria, um sistema natural. A disponibilidade hídrica natural em uma bacia hidrográfica pode ser representada pelas vazões médias e mínimas, sendo o conhecimento destas de grande importância para um adequado planejamento do uso e da gestão compartilhada dos recursos hídricos, minimizando assim os conflitos entre os diversos usuários (Novaes, 2005).

Apesar do Planeta Terra ser constituído em sua maior parte por água, deve-se levar em consideração que este recurso sofre influência direta do crescimento populacional descontrolado e da dinâmica da produção, o que acelera a degradação ambiental. Isso traduz o mau uso da água, tornando-a imprópria para consumo (Barros & Amin, 2007). Deve-se ter em mente que cada momento do dia-a-dia, os seres humanos são responsáveis pela qualidade e disponibilidade de água do futuro.

Segundo Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002), a disponibilidade hídrica pode ser quantificada pelo balanço hídrico climatológico (BHC), no qual fica evidenciada a flutuação temporal de períodos com excedente e com deficiência, permitindo, dessa forma, o planejamento para gestão dos recursos hídricos dos municípios e regiões hidrográficas. O balanço hídrico é um método utilizado para estimativa da disponibilidade de água no solo e baseia-se nas entradas e saídas de água do solo. O balanço hídrico de uma região tende a se manter sem grandes alterações naturais, mas com o aumento populacional e o uso indiscriminado da água, as ações antrópicas podem acabar interferindo no ciclo hidrológico, por meio das taxas de precipitação, de infiltração no solo, da evapotranspiração e do escoamento superficial e profundo.

Segundo o Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Guanhães (Guanhães, 2018), desde 2015 vem sendo observado que a região de Guanhães, Minas Gerais, vem enfrentando períodos prolongados de escassez hídrica, com impacto na disponibilidade hídrica e abastecimento público do município. Em 2019 o sistema chegou ao colapso, quando o Município decretou situação de emergência e calamidade através dos decretos nº 4.526, de 09 de agosto de 2019, nº 4.528, de 30 de agosto de 2019, nº 4.531, de 11 de setembro de 2019 e decreto nº 4.533, de 20 de setembro de 2019. A situação de emergência foi homologada pelo Estado, por meio do Decreto nº 491, de 16 de outubro de 2019, sendo, posteriormente, reconhecida pela União através da Portaria nº 2.544, de 29 de outubro de 2019.

O período de estiagem tem provocado diminuição da capacidade de abastecimento da população, e para suprir o déficit de vazão, foram perfurados, no município, novos poços tubulares profundos para ampliação da disponibilidade hídrica, rodízio no abastecimento de água e construção de reservatório para armazenamento de água bruta a montante da captação, a Barragem Santa Cruz (Guanhães, 2017).

Diante deste cenário, o objetivo do trabalho é realizar o balanço hídrico climatológico e relacionar o déficit hídrico encontrado com o estudo da disponibilidade de água do reservatório da barragem Santa Cruz, para suprimento da demanda em período de escassez hídrica da cidade de Guanhães, considerando três cenários para o abastecimento público na sede do município.

## 2. Metodologia

O município de Guanhães localiza-se a 240 km de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Instituto Brasileiro de Geografia e estatística [IBGE], 2021) a população do município era de 31.262 habitantes com um índice de desenvolvimento humano IDH de 0,686. O fornecimento de água da cidade é de responsabilidade do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Guanhães – SAAE.

A Barragem Santa Cruz está localizada a montante do atual ponto de captação superficial do SAAE Guanhães, no afluente do Ribeirão Graipú, o Córrego Santa Cruz. Seu vertedouro está nas coordenadas latitude 18°44'28.1" S e longitude: 42°58'27.0" O, e se tornou funcional para incremento de disponibilidade de água para o abastecimento público da cidade em fevereiro de 2021.

A estrutura é um reservatório para regulação de vazão, sem captação, que foi construído com a função de controlar a vazão do Ribeirão Graipu no tempo de estiagem. Possui vertedouro de perfil “Creager” com 6 metros de altura, alcançando então 4,13 hectares de área alagada.

O cálculo do Balanço Hídrico Climatológico - BHC foi efetuado pelo método de Thornthwaite e Mather (Thornthwaite & Mather, 1955), através de planilha eletrônica, adotando-se o valor de 100 mm para a capacidade de água disponível no solo (CAD); e os valores médios mensais de temperatura e precipitação pluvial calculados no período de 2010 a 2020, período com dados disponibilizados que propiciam os estudos. Os dados foram obtidos a partir da estação meteorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (Instituto Nacional de Meteorologia [INMET], 2021), cujo código da estação é A533. A estação localiza-se nas coordenadas latitude: -18.78694444, Longitude: -42.94305555 e altitude de 852,68 m.

Utilizando-se os valores de precipitação e evapotranspiração potencial (ETP) foi possível estimar a evapotranspiração real (ETR), o armazenamento de água do solo (ARM), a deficiência hídrica (DEF) e o excedente hídrico (EXC).

Após o cálculo do Balanço Hídrico Climatológico - BHC, o próximo passo foi o cálculo de vazão utilizando os dados da série histórica de precipitação e a comparação com a vazão atual a jusante do barramento, encontrada pelo método do flutuador.

O cálculo da evaporação do reservatório Santa Cruz foi efetuado pelo método de Thornthwaite (Thornthwaite, 1948), utilizando os dados da série histórica de temperatura da estação meteorológica convencional do INMET, utilizada neste estudo.

A vazão do Ribeirão Graipú, manancial de abastecimento do município, foi estimada utilizando os dados de precipitação mensal da estação meteorológica A533, tempo e área de drenagem da bacia:

$$Q = (P * A) / t$$

Onde:

**Q = Vazão [m<sup>3</sup>/s];**

P = Precipitação [m];

A = Área [m<sup>2</sup>];

t = Tempo [s]

Posteriormente, calculou-se a vazão média resultante que escoar no Ribeirão Graipú desconsiderando a vazão de evaporação do reservatório Santa Cruz. A vazão média mensal resultante foi calculada subtraindo a vazão do Ribeirão Graipú pela vazão de evaporação do reservatório Santa Cruz:

$$Q(\text{resultante}) = Q(\text{Ribeirão Graipú}) - Q(\text{evaporação reserv. Santa Cruz}).$$

onde:

**Q(resultante) = Vazão média mensal [m<sup>3</sup>/s];**

**Q(Ribeirão Graipú) = Vazão Ribeirão Graipú [m<sup>3</sup>/s];**

**Q(evaporação reserv. Santa Cruz) = Vazão de evaporação reserv. Santa Cruz [m<sup>3</sup>/s];**

A medição da vazão atual a jusante do barramento foi realizada no dia 19 de julho de 2021, considerando duas áreas transversais do curso d'água, encontrando uma área média de 0,12 m<sup>2</sup> de seção, com 3,3 metros entre a seção e o tempo do flutuador entre elas, que com três tomadas de tempo foi encontrado um tempo médio de 3,93 segundos.

No método do flutuador a vazão foi calculada por:

$$Q = \frac{(L + A + C)}{t}$$

onde:

Q = Vazão [m<sup>3</sup>/s]

L = comprimento entre a seções [m];

A = área média da seção [m<sup>2</sup>];

C = Coeficiente ;

t = tempo médio [s].

O coeficiente utilizado foi de 0,8, para cursos com fundo pedregosos. Ainda foi adicionada a vazão de um percolação que ocorre à direita do vertedouro e se junta à vazão total jusante do vertedouro, esta foi medida com recipiente de 2,5 litro medido o seu tempo de enchimento.

Para o cálculo da demanda total de água do município, foi considerado o consumo médio mensal dos usuários nos meses de abril, maio e junho de 2021, através do volume de água micromedido fornecido pelo SAAE, onde encontra-se a média de consumo mensal de 117.813,33 m<sup>3</sup>.

Como premissa para a disponibilidade hídrica do reservatório, considerou-se que o mesmo encontra-se inicialmente cheio. Considera-se, também, que o volume máximo que pode ser captado é referente ao volume total do reservatório, não sendo considerado volume morto.

Para fins de cálculo do período de abastecimento com a utilização da barragem Santa Cruz e os poços tubulares profundos, são considerados 3 cenários possíveis para avaliação da reserva de disponibilidade hídrica para abastecimento emergencial (Tabela 1).

**Tabela 1.** Cenários para o abastecimento público, Guanhães-MG.

Cenário	Fonte de Abastecimento
1	Reservatório Barragem Santa Cruz
2	Reservatório Barragem Santa Cruz + Poços tubulares profundos uso diário
3	Reservatório Barragem Santa Cruz + Poços tubulares profundos uso diário + Poços de uso emergencial.

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

O Cálculo do abastecimento público da sede do município, considerando os três cenários propostos foi realizado da seguinte forma:

$$\text{Período de Abastecimento} = \frac{\text{Volume disponível para abastecimento}}{\text{Demanda diária da população}}$$

- **Cenário 1:**

Neste cenário foi considerado o abastecimento público apenas por captação superficial, a cargo da Barragem Santa Cruz.

Demanda:  $117.813,33 \text{ m}^3/\text{mês} = 3.927,11 \text{ m}^3/\text{dia}$ ;

Período de abastecimento:  $\text{Volume armazenado} / \text{demanda diária} = 119.686,11/3.927,11 = 30,47 \text{ dias}$ .

- **Cenário 2:**

Considerando a captação superficial juntamente com o funcionamento dos poços tubulares profundos de uso constante (considerando 12 horas diárias de funcionamento) durante o ano (Tabela 2), independente da escassez hídrica, tem-se os seguintes incrementos de disponibilidade hídrica:

**Tabela 2.** Volume incrementado com poços tubulares cotidianos, Guanhães-MG.

Poço tubular profundo	Vazão (l/s)	Volume (m <sup>3</sup> /dia)
Horto	6	259,2
Esperança	1,5	66,0
Vale dos Jacarandás	6	259,2
<b>Total</b>		<b>584,4</b>

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Demanda:  $117.813,33 \text{ m}^3/\text{mês} = 3.927,11 \text{ m}^3/\text{dia}$ ;

Incremento poços tubulares cotidianos:  $584,4 \text{ m}^3/\text{dia}$ ;

Demanda - incremento:  $3.927,11 - 584,4 = 3.342,71 \text{ m}^3/\text{dia}$ ;

- **Cenário 3:**

Considerando a captação superficial juntamente com o funcionamento de todos poços tubulares profundos perfurados pelo SAAE Guanhães, tem-se os seguintes incrementos de disponibilidade hídrica:

**Tabela 3.** Volume incrementado com poços tubulares cotidianos e emergenciais, Guanhães-MG.

Poço tubular profundo	Vazão (l/s)	Volume (m <sup>3</sup> /dia)
Horto	6	259,2
Buritis	1,5	64,8
Jales	3	129,6
Esperança	1,7	73,4
Vale dos Jacarandás	6	259,2
Rodoviária	1,8	77,7
Poliesportivo	1,96	84,6
Somex	0,8	34,5
Cmei	0,8	34,5
Nova União	2,2	95
<b>Total</b>		<b>1112,7</b>

Demanda: 117.813,33 m<sup>3</sup>/mês = 3.927,11 m<sup>3</sup>/dia; Incremento poços tubulares: 1.112,7 m<sup>3</sup>/dia; Demanda - incremento: 3.927,11 - 1.112,7 = 2.814,41 m<sup>3</sup>/dia; Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

### 3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos no balanço hídrico climatológico (BHC) são exibidos na Tabela 4, onde verifica-se a variabilidade anual dos elementos climatológicos médios mensais de entrada, temperatura (T; °C) e precipitação pluvial (P; mm) e os demais componentes do BHC, evapotranspiração potencial (ETP; mm), armazenamento de água no solo (ARM; mm), evapotranspiração real (ETR; mm), excedente hídrico (EXC; mm) e deficiência hídrica (DEF; mm).

**Tabela 4.** Balanço hídrico climatológico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) no período de 2010 a 2020, Guanhães-MG. T – Temperatura; ET – Evapotranspiração Tabelada; P – Precipitação; ETP – Evapotranspiração Potencial; COR – Correção; P-ETP – Quantidade de água que permanece no solo; NEG.AC – Negativo Acumulado; ARM – Armazenamento de água no solo; ALT – Armazenamento atual menos armazenamento anterior; ETR – Evapotranspiração real; DEF – Deficiência Hídrica e EXC – Excedente Hídrico.

Mês	T °C	ET mm	COR -	ETP mm	P mm	P-ETP mm	NEG.AC mm	AR M mm	ALT mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm
Janeiro	23,11	3,3	1,14	117	157	40	0	100	0	117	0	40
Fevereiro	22,90	3,3	1	92	103	11	0	100	0	92	0	11
Março	22,24	3	1,05	98	138	40	0	100	0	98	0	40
Abril	21,03	2,7	0,97	79	60	-19	-19	83	-17	77	1	0
Mai	18,94	2,1	0,96	60	44	-16	-35	70	-13	57	4	0
Junho	17,79	1,9	0,91	52	11	-41	-76	47	-24	35	17	0
Julho	17,52	1,9	0,95	56	6	-50	-126	28	-18	24	32	0
Agosto	18,44	2,1	0,99	64	6	-58	-185	16	-13	19	46	0
Setembro	20,70	2,7	1	81	19	-62	-247	8	-7	26	55	0
Outubro	21,85	3	1,08	100	106	6	-197	14	6	100	0	0
Novembro	21,68	3	1,09	98	184	86	0	100	86	98	0	0
Dezembro	22,54	3,3	1,15	118	213	95	0	100	0	118	0	95
<b>Ano</b>	<b>20,73</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1015</b>	<b>1047</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0</b>	<b>860</b>	<b>155</b>	<b>187</b>

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.



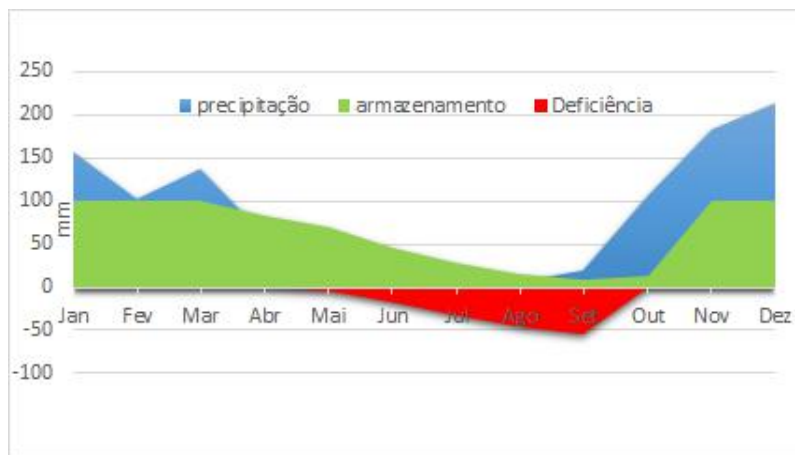
Os meses mais críticos de disponibilidade hídrica, do município de Guanhões são os meses de junho, julho, agosto e setembro onde pôde-se observar as maiores deficiências hídricas de água e a evapotranspiração sendo maior que a precipitação. A temperatura média anual estimada no período analisado para o município é 20,73 °C, sendo que os meses com maiores déficits hídricos apresentam as menores temperaturas médias e precipitação, evidenciando correlação entre elas.

A precipitação pluvial varia de forma característica durante os meses, atingindo valores médios anuais de 1047mm.

Verifica-se ainda que a lâmina precipitada é mais elevada ao longo dos meses de outubro a abril, concentrando cerca de 92% do total acumulado. Já entre os meses de maio e setembro concentra-se aproximadamente 8% da precipitação pluvial anual. Foi obtido para o mês de dezembro o índice médio mais elevado (213 mm) e nos meses de julho e agosto os menores (6 mm).

Em abril, inicia-se o processo de diminuição de água disponível no solo que, por conseguinte, resulta na ocorrência de deficiência hídrica na região, compreendida entre os meses de abril e setembro (Figura 1).

**Figura 1.** Extrato do balanço hídrico mensal (precipitação x armazenamento x deficiência), para o período de 2010 a 2020.

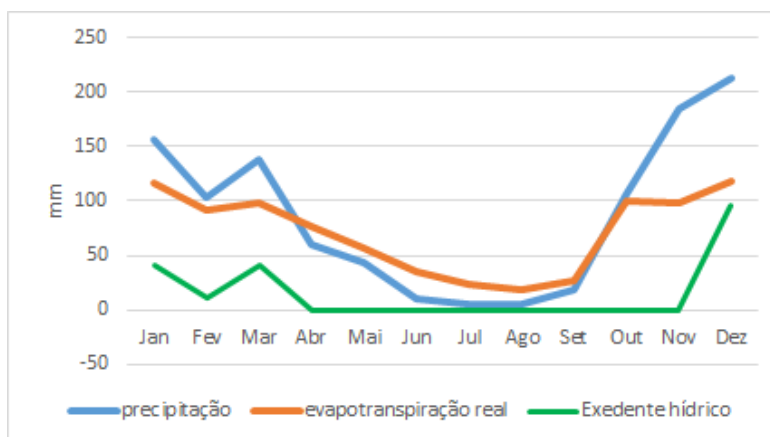


Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

No início do período úmido, após as chuvas superarem a demanda de evapotranspiração, ou seja, a ETP igual à ETR, os saldos são empregados na reposição da água ao solo (Figura 2) até que esse atinja sua capacidade máxima de armazenamento de água, quando então aparece excedente hídrico. A época de recarga do solo foi observada nos meses de outubro e novembro.



**Figura 2.** Extrato do balanço hídrico mensal (precipitação x evapotranspiração real x excedente hídrico), para o período de 2010 a 2020.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Foram encontradas as vazões médias para os meses do ano, levando em consideração a série histórica de precipitação e posteriormente sendo diminuída a evaporação da Barragem Santa Cruz, conforme Tabela 5.

**Tabela 5.** Vazão média anual do Ribeirão Graipú diminuída da evaporação do reservatório da barragem Santa Cruz.

Vazão média Ribeirão Graipú												
Área (km <sup>2</sup> )	68,90											
Área (m <sup>2</sup> )	68900000											
Tempo (s)	2592000											
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>Precip. (m)</b>	0,013	0,012	0,060	0,010	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,044	0,027	0,016
<b>Vazão (m<sup>3</sup>/s)</b>	0,36	0,33	1,58	0,26	0,03	0,01	0,02	0,00	0,04	1,17	0,72	0,44
<b>Vazão (l/s)</b>	356,20	329,61	1584,27	260,50	26,58	10,63	21,27	2,66	42,53	1174,92	717,71	435,94
<b>Q - E (m<sup>3</sup>/s)</b>	0,35	0,33	1,58	0,26	0,03	0,01	0,02	0,00	0,04	1,17	0,72	0,43
<b>Q - E (l/s)</b>	354,97	328,39	1583,05	259,27	25,36	<b>9,41</b>	<b>20,04</b>	<b>1,43</b>	<b>41,30</b>	1173,69	716,48	434,71

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

As células em negrito na Tabela 3 demonstra a vazão obtida para os meses que apresentaram os maiores déficits hídricos conforme o BHC, confirmando o período crítico que o município de Guanhães atravessa anualmente.

No método do flutuador foi encontrada a vazão de aproximadamente 0,29 m<sup>3</sup>/s ou 29,53 l/s proveniente do vertedouro e à essa foi adicionada a vazão do percolamento que ocorre na ombreira direita do vertedouro de 0,6356 m<sup>3</sup>/s, somando uma vazão total a jusante de 30,16 l/s.

Comparando a vazão medida com a calculada para a bacia, a vazão calculada apenas no Córrego Santa Cruz, a jusante do barramento, no mês de julho de 2021 foi superior à média encontrada para a série histórica, que seria de 20,04 l/s. O valor pode ter sido influenciado pelos altos índices de chuva no ano de 2020, aumentando a disponibilidade hídrica da bacia.

De acordo com o balanço hídrico climatológico do município, realizado para o período de 2010 a 2020, quatro meses apresentaram as maiores deficiências hídricas durante o ano (junho, julho, agosto e setembro). A situação encontrada para Guanhães é mais favorável que em alguns municípios mineiros, segundo Silva, Feitoza e Gonçalves (2019), Caratinga na região leste pode chegar a apresentar 7 (sete) meses de deficiência de água no solo, indo de maio a novembro.

Nos meses em questão, propôs-se utilizar o reservatório da Barragem Santa Cruz como forma de diminuir a escassez hídrica. O volume total armazenado na Barragem Santa Cruz é de 119.686,65 m<sup>3</sup>, sendo considerado como volume útil disponível para demandas em períodos de estiagem e crise hídrica.

Para os cenários propostos no abastecimento público da cidade de Guanhães durante um período de escassez hídrica, foram encontrados os tempos de disponibilidade de água:

- **Cenário 1:**

Considerado o abastecimento público apenas por captação superficial, a cargo da Barragem Santa Cruz:

Período de abastecimento:  $\text{Volume armazenado} / \text{demanda diária} = 119.686,11 / 3.927,11 = 30,47$  dias.

Período de abastecimento aproximado para o cenário 1 = **1 mês**.

- **Cenário 2:**

Considerando a captação superficial juntamente com o funcionamento dos poços tubulares profundos de uso constante durante o ano:

Período de abastecimento:  $119.686,65 \text{ m}^3 / 3342,71 = 35,8$  dias

Período de abastecimento considerando o cenário 2 = **1 mês e 5 dias**.

- **Cenário 3:**

Considerando a captação superficial juntamente com o funcionamento de todos poços tubulares profundos perfurados pelo SAAE Guanhães:

Período de abastecimento:  $119.686,65 \text{ m}^3 / 2814,41 = 42,5$  dias

Período de abastecimento considerando o cenário 3 = **1 mês e 12 dias**.

A Barragem Santa Cruz tem disponibilidade hídrica para abastecimento da sede do município, variando de 1 mês a 1 mês e 12 dias, considerando os três cenários propostos neste estudo, conforme Tabela 6.

**Tabela 6.** Períodos de abastecimento por cenários.

<b>Cenário</b>	<b>Período de abastecimento</b>
Cenário 1	1 mês
Cenário 2	1 mês e 5 dias
Cenário 3	1 mês e 12 dias

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

#### 4. Considerações Finais

Conforme o Balanço Hídrico Climatológico realizado para o município de Guanhães, os meses com os maiores déficits hídricos foram junho, julho, agosto e setembro. Caso seja enfrentada uma seca nesses meses, o reservatório construído para incremento de água em períodos críticos juntamente com os poços tubulares profundos não serão suficientes para mitigar todo o período de estiagem, já que a Barragem Santa Cruz é suficiente para amenizar a escassez hídrica durante no máximo 1 mês e 12 dias, considerando o cenário 3 de abastecimento apresentado.

Assim, recomenda-se que os gestores municipais estudem novas alternativas para incremento da disponibilidade hídrica e que incentive a população a economizar água nos meses de estiagem para colaboração conjunta no sentido de mitigar os efeitos do período de seca.

## Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao INMET pela disponibilização dos dados de temperatura e precipitação para análise.

Ao IBGE pela disponibilização dos dados de população do município.

Ao SAAE Guanhães pelos dados disponibilizados de demanda e estruturas de abastecimento.

## Referências

- Barros, F. G. N.; & Amin, M. M. (2007). Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, 4(1), 75-108.
- Brasil. (1997). Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF. Recuperado de [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm)
- Camargo, A. P. (1971). Balanço hídrico no Estado de São Paulo. *Boletim Técnico*, 116. Campinas: IAC. 28p.
- Guanhães. (2019). Decreto nº 4.526, de 09 de agosto de 2019. Dispõe sobre a situação de emergência pelo exaurimento sazonal e temporário de água no município de Guanhães e dá outras providências. Guanhães, MG.
- Guanhães. (2019). Decreto nº 4.531, de 11 de setembro de 2019. Dispõe sobre a situação de calamidade pública diante do risco de dano coletivo pelo exaurimento sazonal e temporário de água no município de Guanhães e dá outras providências. Guanhães, MG. <https://saaeguanhaes.com.br/uploads/noticia/3478/NtiMLEdVlhwNXDzH9uviaHrD2IeSpiWF.pdf>
- Guanhães. (2019). Decreto nº 4.533, de 20 de setembro de 2019. Declara situação de emergência em todo o território de Guanhães/MG, afetado pela estiagem, conforme IN/MI 02/2016. Guanhães, MG.
- Guanhães. (2017). Comunicado de utilidade pública - Rodízio de Água. 2017. Guanhães, MG. <https://saaeguanhaes.com.br/noticia/view/1583/comunicado-de-utilidade-publica-rodizio-de-agua>
- Guanhães. (2018). Retificação: Cartilha Perguntas e respostas sobre a crise hídrica. Guanhães, MG. <https://saaeguanhaes.com.br/noticia/view/1380/retificacao-cartilha-perguntas-e-respostas-sobre-a-crise-hidrica>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2021). <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/guanhaes/panorama>
- Instituto Nacional de Meteorologia. (2021). <https://bdmep.inmet.gov.br/>
- Jesus, J.B. (2015). Estimativa do balanço hídrico climatológico e classificação climática pelo método de Thornthwaite e Mather para o município de Aracaju - SE. *Scientia Plena*, 11(5).
- Minas gerais. (2019). Decreto NE nº 491, de 16 de outubro de 2019. Homologa o decreto 4528, de 30 de agosto de 2019, da prefeitura Municipal de Guanhães, que declarou SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA, nas áreas do município afetadas pela estiagem.
- Novaes, L. F. (2005). Modelo para a quantificação da disponibilidade hídrica na bacia do Paracatu. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 115p.
- Pereira, A. R.; Angelocci, L. R.; & Sentelhas, P. C. (2002). *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas*. Guaíba: Agropecuária. 478p.
- Santos, T. B. P. (2020). Viabilidade de Reúso Urbano não Potável dos Efluentes de uma Estação de Tratamento de Esgoto em Nível Terciário. Monografia de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil. Natal/RN. Recuperado de <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/37130>
- Silva, J. G.; Feitoza, V. S.; & Gonçalves, J. A. C. (2019). Dry stream microbacy Water Balance in Caratinga, Minas Gerais, southeastern Brazil. *Research, Society and Development*, 8(12). <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1898>
- Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Rev.*, 38(1), 55 - 94.
- Thornthwaite, C.W.; & Mather, J.R. (1955). *The water balance*. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology; 1955, 104p.
- Tundisi, J. G., & Matsumura-Tundisi, T. (2011). *Recursos hídricos no século XXI*. Oficina de Textos.