

Estimativa da economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial: estudo de caso do Bloco 3Q da Universidade Federal de Uberlândia

Estimate of potable water savings through rainwater harvesting: a case study of Block 3Q at the Federal University of Uberlândia

Arthur Miguel Romano¹

Tiago Aparício de Jesus Pereira¹

RESUMO

Este trabalho busca estimar a eficiência da economia de água potável no Bloco 3Q do Campus Santa Mônica, da Universidade Federal de Uberlândia, utilizando reservatórios de água pluvial para a substituição de água tratada por água de chuva para fins não potáveis. Por meio de informações obtidas junto à Prefeitura Universitária e à Diretoria de Administração e Controle Acadêmico, foi possível estimar a população e a demanda diária de água do bloco. A fim de verificar a capacidade de obtenção de água de chuva na cobertura, foram utilizados dados de precipitação diários de Uberlândia, obtidos no sistema Hidroweb da Agência Nacional de Águas, referentes ao período de 1980 a 2025. O Bloco 3Q possui cobertura de 3.732 m². Foram consideradas demandas de água pluvial de 10, 15 e 20 litros por usuário por dia e realizadas simulações com reservatórios de 10 a 80 m³, utilizando o balanço hídrico diário. Os resultados mostraram que quanto maior o volume do reservatório, maior a economia de água potável e menor o volume extravasado. Para o Bloco 3Q, a economia anual variou de 1413,8 a 2211,5 m³ para a demanda de 20 litros, de 1258,7 a 2071,1 m³ para a demanda de 15 litros e de 1018,9 a 1917,8 m³ para a demanda de 10 litros, considerando reservatórios de 10 a 80 m³.

¹ Universidade Federal de Uberlândia – UFU - Uberlândia – Minas Gerais – Brasil

Palavras-chave: Água pluvial. Economia de água potável. Balanço hídrico diário. Reservatório. Universidade Federal de Uberlândia

ABSTRACT

This study aims to estimate potable water savings in Building 3Q at the Santa Monica Campus of the Federal University of Uberlândia by using rainwater storage tanks to replace treated water with rainwater for non-potable purposes. Information obtained from the University Administration and the Academic Administration and Control Office was used to estimate the population and daily water demand of the building. Daily rainfall data for Uberlândia from 1980 to 2025 were obtained from the Hidroweb system of the Brazilian National Water Agency. Building 3Q has a roof area of 3,732 m². Rainwater demands of 10, 15 and 20 liters per user per day were considered, and simulations were performed for storage tanks ranging from 10 to 80 m³ using a daily water balance. The results showed that increasing the storage tank volume increases potable water savings and reduces overflow. For Building 3Q, annual savings ranged from 1413,8 to 2211,5 m³ for a demand of 20 liters, from 1258,7 to 2,071.1 m³ for 15 liters, and from 1018,9 to 1917,8 m³ for 10 liters, considering storage volumes from 10 to 80 m³. The results indicate that rainwater harvesting has potential to reduce potable water consumption in Building 3Q.

Keywords: Rainwater. Potable water savings. Daily water balance. Storage tank. Federal University of Uberlândia.

1 INTRODUÇÃO

Em razão da crise hídrica enfrentada no Brasil nos últimos anos, muito tem se falado na utilização de água pluvial na economia de água potável. A utilização de água pluvial para fins não potáveis pode contribuir para a redução do consumo de água tratada nas edificações, principalmente em atividades que não necessitam de água com padrão de potabilidade.

A Universidade Federal de Uberlândia vem investindo em sustentabilidade, com projetos executados em vários campi e outros em execução. O Campus Santa Mônica possui diversas edificações com grandes áreas de cobertura e elevada concentração de usuários, características que favorecem a avaliação do aproveitamento da água pluvial.

A utilização de reservatórios permite armazenar a água proveniente das precipitações para posterior utilização. Entretanto, a eficiência desses sistemas depende de diversos fatores, como a área de cobertura, o tipo de material utilizado no telhado, a precipitação local, a demanda de água e o volume do reservatório.

A água captada das coberturas pode ser utilizada em atividades que não necessitam de água potável, contribuindo para a redução do consumo de água tratada e para a utilização racional dos recursos hídricos.

A implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações públicas apresenta interesse especial devido às grandes áreas de cobertura e à quantidade de usuários. Nesse contexto, o Campus Santa Mônica apresenta condições favoráveis para a implantação desses sistemas.

Embora tenham sido levantadas as áreas das diferentes coberturas existentes no Campus Santa Mônica, o presente estudo concentra-se exclusivamente na avaliação do potencial de aproveitamento de água pluvial do Bloco 3Q, escolhido em função de sua grande área de cobertura e de sua elevada população.

O objetivo geral deste trabalho é estimar a economia de água potável obtida por meio do aproveitamento de água pluvial no Bloco 3Q do Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia, considerando diferentes volumes de reservatórios e diferentes demandas de água não potável.

Como objetivos específicos, pretende-se:

- a) estimar a demanda por água não potável no Bloco 3Q;
- b) avaliar o potencial de captação de água pluvial da cobertura;
- c) realizar o balanço hídrico diário;
- d) comparar reservatórios com volumes entre 10 e 80 m³;
- e) estimar a economia anual de água potável;
- f) avaliar o volume de água extravasado;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aproveitamento de água pluvial

Vários países e governos vêm propondo inovações a fim de apoiar programas de desenvolvimento mais sustentáveis para garantir o uso da água no futuro.

O aproveitamento de água pluvial constitui uma alternativa para reduzir o consumo de água potável, principalmente quando utilizada em atividades que não exigem água com padrão de potabilidade.

Segundo Anecchini (2005), entre os benefícios do aproveitamento de água pluvial podem ser citados a redução do escoamento superficial nas grandes cidades, a substituição da água potável por água de chuva, a utilização de componentes já existentes nas edificações e a redução da captação e do tratamento de água para atender às demandas urbanas.

Bezerra et al. (2010) destacam que o aproveitamento de água de chuva pode colaborar para economizar os recursos hídricos e prevenir a escassez de água potável nos sistemas de distribuição municipais.

May (2004) destaca que a água de chuva nos centros urbanos pode ser aproveitada em atividades que não necessitam de água potável, como descarga de bacias sanitárias, irrigação de jardins e limpeza de pisos, equipamentos e carros.

Os telhados são importantes elementos para o aproveitamento de águas pluviais em áreas urbanas. Suas características interferem diretamente nos aspectos quantitativos e qualitativos da água pluvial captada.

2.2 Reservatórios de armazenamento

O reservatório é um dos principais componentes do sistema de aproveitamento de água pluvial, pois permite armazenar a água captada durante os períodos chuvosos para utilização posterior.

O dimensionamento do reservatório deve considerar a precipitação local, a área de captação, o coeficiente de escoamento e a demanda por água não potável.

Reservatórios maiores possibilitam maior armazenamento e podem proporcionar maior economia de água potável. Por outro lado, também apresentam maior custo de implantação, sendo necessária uma análise econômica para verificar o período de retorno do investimento.

Rupp, Munarim e Ghisi (2011) destacam a importância da relação entre a precipitação, a demanda e o volume do reservatório para o dimensionamento dos sistemas de aproveitamento de água pluvial.

Dessa forma, a escolha do volume do reservatório deve buscar um equilíbrio entre o custo de implantação e a economia de água potável proporcionada pelo sistema.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A Universidade Federal de Uberlândia está localizada no Triângulo Mineiro. O Campus Santa Mônica possui área aproximada de 257.905,64 m².

Embora o Campus possua diversas edificações, este estudo foi concentrado exclusivamente no Bloco 3Q.

O Bloco 3Q possui uma cobertura com área de 3.732 m², constituída por telha metálica, apresentando potencial teórico de captação de aproximadamente 4.910 m³ de água pluvial por ano, considerando a precipitação média anual de 1.462 mm e coeficiente de runoff de 0,90.

O bloco foi escolhido para o estudo devido ao tamanho de sua cobertura e por possuir uma das maiores populações de usuários do Campus.

Para efeito de caracterização, foram levantadas as áreas das demais coberturas do Campus Santa Mônica, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Áreas e tipos das coberturas do Campus Santa Mônica

Bloco	Área (m²)	Material
1A	2.141,70	Fibrocimento
1B	2.775,80	Fibrocimento
1C	698,34	Telha metálica
1D	1.185,60	Fibrocimento
1E	1.399,30	Fibrocimento
1F	2.184,60	Fibrocimento
1G	1.984,00	Fibrocimento
1H	1.981,80	Fibrocimento
1I	1.976,50	Fibrocimento
1J	2.093,50	Fibrocimento
3P	2.611,00	Telha metálica
3Q	3.732,00	Telha metálica
5B	1.453,00	Telha metálica

Fonte: O autor.

Entretanto, esses dados são apresentados somente para caracterização do Campus. As análises, simulações e resultados deste artigo referem-se exclusivamente ao Bloco 3Q.

3.2 Dados pluviométricos

A fim de verificar a capacidade de obtenção de água de chuva na cobertura, foram utilizados dados de precipitação diários do município de Uberlândia.

Os dados foram obtidos no sistema Hidroweb da Agência Nacional de Águas, considerando uma série histórica correspondente ao período de 1980 a 2025.

A utilização de dados diários possibilitou realizar o balanço hídrico diário do reservatório, considerando a variação temporal da precipitação, a entrada de água no reservatório, a demanda e o volume disponível para utilização.

A precipitação média anual utilizada no estudo foi de aproximadamente 1462 mm.

3.3 Área de captação

A área de captação utilizada nas simulações corresponde à cobertura do Bloco 3Q, com 3.732 m².

Para o cálculo do volume de água captada foi utilizado o coeficiente de runoff igual a 0,9.

O volume captado pode ser determinado pela expressão:

$$V = P \times A \times C$$

em que:

V = volume de água pluvial captada;

P = precipitação;

A = área da cobertura;

C = coeficiente de runoff.

Considerando as características da cobertura em telha metálica, adotou-se coeficiente de escoamento superficial de 0,90, conforme valores recomendados na literatura para superfícies de elevada impermeabilidade.

3.4 População do Bloco 3Q

Os dados de população foram obtidos junto à Diretoria de Administração e Controle Acadêmico – DIRAC.

O Bloco 3Q apresenta população média de aproximadamente 2.631 discentes de segunda a sexta-feira e 44 discentes aos sábados.

3.5 Demanda de água

A estimativa da demanda foi realizada considerando o consumo diário por usuário.

Foram consideradas as seguintes demandas por usuário por dia. A partir desses valores, foram analisadas três situações para utilização da água pluvial:

- 10 L/usuário.dia;
- 15 L/usuário.dia;
- 20 L/usuário.dia.

Essas demandas foram utilizadas para representar diferentes níveis de utilização da água pluvial para fins não potáveis.

3.6 Balanço hídrico diário

Com as informações de oferta e demanda de água do Bloco 3Q, foi construído, em planilha eletrônica, o balanço hídrico diário.

Foram realizadas simulações para reservatórios com volumes variando entre 10 e 80 m³.

Para cada situação foram avaliados:

- volume de água pluvial captado;
- volume armazenado;
- demanda diária;
- volume de água pluvial utilizado;
- volume de água potável necessário;
- volume extravasado;
- economia anual de água potável;

Quando a quantidade de água disponível no reservatório era suficiente para atender à demanda, a água pluvial era utilizada.

Quando a quantidade disponível era inferior à demanda, a diferença era complementada pelo sistema convencional de abastecimento.

Dessa forma, o balanço hídrico permitiu determinar diariamente a quantidade de água potável que poderia ser substituída pela água pluvial.

3.7 Reservatórios analisados

Foram considerados reservatórios com volumes de:

10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 e 80 m³.

A utilização de diferentes volumes teve como objetivo verificar a influência da capacidade de armazenamento na economia de água potável e no volume extravasado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Potencial de captação

O Bloco 3Q possui uma cobertura com área de 3.732 m², constituída por telha metálica, apresentando potencial teórico de captação de aproximadamente 4.910 m³ de água pluvial por ano, considerando a precipitação média anual de 1.462 mm e coeficiente de runoff de 0,90.

O potencial de captação, entretanto, não significa que todo o volume poderá ser utilizado, pois existe uma diferença temporal entre a ocorrência das chuvas e a demanda por água.

Durante os períodos chuvosos, a quantidade de água captada pode superar a capacidade do reservatório, provocando extravasamento.

Durante os períodos secos, por outro lado, a quantidade armazenada pode não ser suficiente para atender à demanda, sendo necessária a utilização de água potável.

Por esse motivo, o balanço hídrico diário apresenta maior representatividade para avaliar o desempenho do sistema.

4.2 Influência do volume do reservatório

Os resultados demonstraram que o aumento do volume do reservatório proporciona aumento da economia de água potável.

Quanto maior o volume disponível para armazenamento, maior a capacidade de reservar água nos períodos chuvosos para utilização nos períodos posteriores.

O reservatório de 80 m³ apresentou volume médio extravasado menor que os demais sucessivamente para as demandas analisadas. Esse resultado indica que o aumento da capacidade de armazenamento permite reter uma parcela maior da água captada durante os eventos de precipitação, reduzindo, conseqüentemente, o volume médio de água extravasado.

Esse resultado demonstra que o aumento do volume do reservatório possibilita maior aproveitamento da água captada. Entretanto deve-se considerar também o valor do investimento.

4.3 Economia anual de água potável

A Tabela 3 apresenta os resultados da economia anual de água potável obtida nas simulações realizadas para o Bloco 3Q.

Tabela 3 – Economia anual de água potável no Bloco 3Q

Reservatório (m³)	Demanda 10L (m³/ano)	Demanda 15L (m³/ano)	Demanda 20L (m³/ano)
10	1.018,9	1.258,7	1.413,8
20	1.195,4	1.407,6	1.579,9
30	1.368,2	1.573,2	1.737,5
40	1.507,5	1.711,8	1.856,8
50	1.626,7	1.839,2	1.968,5
60	1.721,3	1.915,5	2.060,5
70	1.828,1	2.018,1	2.142,2
80	1.917,8	2.071,1	2.211,5

Fonte: O autor, a partir dos dados da dissertação.

Tabela 4 – Volume médio diário em m³ extravasado para os diferentes volumes de reservatório

Reservatório (m³)	10 L/usuário.dia	15 L/usuário.dia	20 L/usuário.dia
10	14,0	13,1	12,4
20	13,3	12,4	11,8
30	12,7	11,9	11,2
40	12,3	11,4	10,8
50	11,9	11,0	10,4
60	11,5	10,6	10,1
70	11,2	10,3	9,8
80	11,0	10,1	9,5

Fonte: O autor, a partir dos dados da dissertação

Tabela 5 – Economia anual de água potável e ganho percentual em relação ao reservatório imediatamente anterior

Reservatório (m³)	10L/usuário. dia	%variação economia	15L/usuário .dia	%variação economia	20L/usuário. dia	%variação economia
10	1.018,9	-	1.258,7		1.413,8	
20	1.195,4	17,3%	1.407,6	11,8%	1.579,9	11,7%
30	1.368,2	14,5%	1.573,2	11,7%	1.737,5	10,0%
40	1.507,5	10,2%	1.711,8	8,8%	1.856,8	6,9%
50	1.626,7	7,9%	1.839,2	7,4%	1.968,5	6,0%
60	1.721,3	5,8%	1.915,5	4,1%	2.060,5	4,7%
70	1.828,1	6,2%	2.018,1	5,4%	2.142,2	4,0%
80	1.917,8	4,9%	2.071,1	2,6%	2.211,5	3,2%

Fonte: O autor, a partir dos dados da dissertação

Observa-se que, para todas as demandas analisadas, a economia aumenta com o aumento do volume do reservatório.

Para a demanda de 10 L/usuário.dia, a economia anual aumentou de 1.018,9 m³, no reservatório de 10 m³, para 1.917,8m³, no reservatório de 80 m³.

Para a demanda de 15 L/usuário.dia, a economia aumentou de 1.258,7m³ para 2.071,1m³.

Para a demanda de 20 L/usuário.dia, a economia aumentou de 1.413,8m³ para 2.211,5m³.

Os reservatórios de 80 m³ produziram uma economia superior aos reservatórios de 10 m³ em aproximadamente 88%, 65% e 56%, respectivamente, para as demandas de 10, 15 e 20 litros.

Esse resultado demonstra que o aumento do volume do reservatório apresenta influência significativa na quantidade de água potável que pode ser substituída pela água pluvial.

Observa-se, no entanto, que a economia anual de água potável aumenta com menor intensidade à medida que se eleva o volume do reservatório, caracterizando ganhos progressivamente menores para os maiores volumes de armazenamento.

O maior ganho percentual de economia ocorreu com o aumento do reservatório de 10 m³ para 20 m³, especialmente para a demanda de 10 L/usuário.dia, para a qual o acréscimo foi de 17,3%.

4.4 Influência da demanda

A demanda apresenta comportamento diferente quando analisada em termos de porcentagem da demanda atendida e em termos de volume absoluto de água economizada.

Quanto maior a demanda, maior é a quantidade absoluta de água que pode ser substituída pela água pluvial.

Entretanto, quanto maior a demanda, menor é a porcentagem da demanda anual atendida, principalmente em razão dos períodos de estiagem.

A demanda de 10 litros apresenta maior percentual de atendimento porque exige menor quantidade de água armazenada para atender aos usuários.

Esse comportamento mostra que o dimensionamento do sistema deve considerar não apenas a quantidade de chuva disponível, mas também a demanda efetivamente existente na edificação.

4.5 Variação da economia ao longo do ano

A economia de água potável apresentou comportamento diretamente relacionado à distribuição das chuvas durante o ano.

Entre maio e setembro, período caracterizado pela redução da precipitação em Uberlândia, observou-se menor disponibilidade de água pluvial armazenada e, conseqüentemente, redução da contribuição do sistema para o atendimento da demanda não potável

Os meses de março, novembro e dezembro, devido ao aumento das precipitações e à grande demanda do bloco, são os meses que proporcionam maiores economias de água.

Os meses de janeiro e fevereiro, apesar de possuírem índices de precipitação elevados, apresentam menor economia devido ao período de férias letivas, quando ocorre redução significativa da população do bloco.

Esse comportamento evidencia que a eficiência do sistema depende da relação entre a oferta de água pluvial e a demanda ao longo do tempo.

Assim, a precipitação média anual, isoladamente, não é suficiente para determinar a eficiência do sistema.

4.6 Discussão dos resultados

Os resultados encontrados para o Bloco 3Q mostram que a relação entre área de cobertura, população, demanda e volume do reservatório é determinante para a eficiência do sistema.

A grande área de cobertura do bloco proporciona elevada capacidade de captação, enquanto a grande população proporciona demanda suficiente para utilização da água armazenada.

Essa combinação torna o Bloco 3Q particularmente interessante para a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial.

Os resultados também demonstram que não é recomendável escolher o volume do reservatório somente em função da área da cobertura. É necessário considerar simultaneamente a precipitação local, a demanda e o comportamento da população da edificação.

O aumento do volume do reservatório reduz o volume extravasado e aumenta a economia anual de água potável. Entretanto, esse ganho diminui de intensidade à medida que se aumenta o volume do reservatório, caracterizando ganhos progressivamente menores para maiores capacidades de armazenamento. O maior ganho percentual ocorreu com o aumento do volume de 10 m³ para 20 m³. Dessa forma, além da economia de água potável, deve ser considerado o ganho adicional proporcionado pelo aumento da capacidade do reservatório em relação ao respectivo aumento do custo de implantação.

Os resultados estão de acordo com estudos anteriores sobre aproveitamento de água pluvial em edificações de ensino, que demonstram a influência do volume do reservatório e da demanda na economia de água potável.

No caso específico do Bloco 3Q, a elevada população e a área de cobertura fazem com que a utilização de reservatórios de maior capacidade apresente potencial para proporcionar economia significativa de água potável.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho buscou estimar a eficiência da economia de água potável no Bloco 3Q do Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia, utilizando reservatórios de água pluvial para substituição de água tratada por água de chuva para fins não potáveis.

O Bloco 3Q possui cobertura de 3.732 m² e elevada população de usuários. Foram consideradas demandas de 10, 15 e 20 litros por usuário por dia e reservatórios com volumes variando de 10 a 80 m³.

Os resultados demonstraram que quanto maior o volume do reservatório, maior a economia de água potável e menor o volume extravasado.

Quando comparado ao reservatório de 10 m³, o reservatório de 80 m³ proporcionou aumento da economia de aproximadamente 88%, 65% e 56%, para as demandas de 10, 15 e 20 litros, respectivamente.

Entre as configurações avaliadas, o reservatório de 80 m³ apresentou a maior economia anual de água potável e o menor volume extravasado, constituindo a alternativa de maior desempenho hidráulico entre as configurações avaliadas. Entretanto, observou-se que o aumento do volume dos reservatórios proporcionou ganhos progressivamente menores de economia de água potável em relação ao reservatório imediatamente anterior. O maior ganho percentual ocorreu com o aumento do volume de 10 m³ para 20 m³. Esse comportamento demonstra que o aumento da capacidade de armazenamento apresenta retornos decrescentes, indicando que a escolha do volume do reservatório não deve considerar apenas a maior economia possível de água potável, mas também o

ganho adicional proporcionado por cada aumento de capacidade e o respectivo custo de implantação.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

BEZERRA, S. M. C. et al. Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 219-231, 2010.

FARRENY, R. et al. Roof selection for rainwater harvesting: quantity and quality assessments in Spain. **Water Research**, 2011.

MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 67-84, 2008.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

ROMANO, A. M. **Estimativa da economia de água potável nos campi da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) a partir do aproveitamento da água pluvial em função da estimativa de consumo não potável de água e dos métodos de dimensionamento de reservatórios**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

RUPP, R. F.; MUNARIM, U.; GHISI, E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 47-64, 2011.

WARD, S.; MEMON, F. A.; BUTLER, D. Performance of a large building rainwater harvesting system. **Water Research**, v. 46, n. 16, p. 5127-5134, 2012.