

Avaliação de técnica e econômica de sistemas de aproveitamento de água de chuva em uma universidade pública

Flávio Rezende Cunha e Eduardo de Aguiar do Couto*

Universidade Federal de Itajubá. *Campus Itabira*. Instituto de Ciências Puras e Aplicadas. Rua Irmã Ivone Drumond, 200. Itabira-MG, Brasil (CEP 35903-087).

*E-mail: eduardocouto@unifei.edu.br.

Resumo. A busca por fontes alternativas e o uso racional de água são tendências em todo o mundo. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a implantação de reservatórios para armazenamento de água de chuva em dois edifícios (unidades 1 e 2) na Universidade Federal de Itajubá, *Campus Itabira*, Estado de Minas Gerais, Brasil. Foram definidos cenários para construção de reservatórios de diferentes volumes por meio do Método da Simulação. A demanda de água não potável foi estimada a partir da conversão da população flutuante em população permanente equivalente, dos hábitos de consumo em cada edifício e da vazão específica dos equipamentos hidrossanitários. Foram definidos índices técnicos como eficiência do sistema, confiança e atendimento à demanda de água não potável. Além disso, o período de retorno do investimento e o valor presente líquido (VPL) foram obtidos. Os resultados mostraram que os reservatórios de 5 m³ e 15 m³ apresentaram maior VPL em 15 anos, sendo de R\$ 27.076,03 e R\$ 44.493,57 com período de retorno de 1,2 e 2,4 anos, nas unidades 1 e 2, respectivamente. Para esses reservatórios, a porcentagem da demanda atendida foi de 87% e 72% com confiança do sistema de 75% e 58%, para as unidades 1 e 2, respectivamente. A partir da análise de sensibilidade observou-se que a tarifa de água foi o fator que mais influenciou o VPL, representando uma ferramenta para incentivo a ampliação da adoção da prática. Este estudo pode contribuir para a implementação do aproveitamento de água de chuva no *Campus de Itabira* e em outras instituições públicas.

Palavras-chave: Aproveitamento de água de chuva; Dimensionamento de reservatórios; Uso racional da água; Valor presente líquido.

Abstract. *Technical and economic evaluation of rainwater harvesting systems at a public university.* The search for alternative water sources and the water rational use are global trends. Thus, the objective of this paper was to evaluate the rainwater storage tank implementation in two buildings (units 1 and 2) at the Federal University of Itajubá, *Campus Itabira*, Minas

Recebido
30/04/2020

Aceito
28/07/2020

Disponível on line
09/08/2020

Publicado
31/08/2020



Acesso aberto



ORCID

ID 0000-0002-4237-0873
Flávio Rezende Cunha

ID 0000-0002-2976-9302
Eduardo de Aguiar do Couto

Gerais State, Brazil. Scenarios with different tanks volumes were defined using the Simulation Method. The non-potable water demand was estimated based on the conversion of the floating population into an equivalent permanent population, consumption habits in each building and the water-sanitary equipment specific flow rate. Technical indexes such as system efficiency, reliability and meeting the demand for non-potable water were defined. In addition, the payback period and the Net Present Value (NPV) were obtained. Tanks of 5 m³ and 15 m³ of volume had the highest NPV in 15 years, of R\$ 27,076.03 and R\$ 44,493.57 with a payback period of 1.1 and 2.4 years, in units 1 and 2, respectively. For these tank volumes, the percentage of demand meet was 87% and 72% with reliability of 75% and 58%, for units 1 and 2, respectively. From the sensitivity analysis, it was observed that the water tariff was the factor that most influenced the NPV, representing a tool to encourage the expansion of the practice. This study can contribute to the implementation of rainwater harvesting on the Itabira *Campus* and other public institutions.

Keywords: Rainwater harvesting; Rainwater tank sizing; Water rational use; Net present value.

Introdução

A água é um recurso natural que apesenta valor estratégico desde antigas civilizações, por ser fundamental para diversas atividades desenvolvidas em uma sociedade. Na atualidade, os recursos hídricos sofrem constantes perturbações em suas características qualitativas e quantitativas, o que altera sua disponibilidade para utilização. O desenvolvimento urbano, com crescimento populacional exponencial em muitos países, tem levado ao aumento da demanda de água (Severis et al., 2019). Além disso, a má gestão dos recursos hídricos, a mudança no padrão de consumo e períodos de seca tem levado à escassez de água potável em muitas partes do planeta (Marinosk et al., 2018). Contudo, grande parte da demanda de edificações é composta por atividades que não necessitam de água potável, como descarga de vasos sanitários, irrigação de áreas verdes e limpeza. O mesmo raciocínio pode ser realizado para ambientes industriais, que contam com usos como torres de resfriamento, reserva contra incêndio e o próprio processo industrial em si, que pode também não exigir água de qualidade compatível com as exigências do padrão de potabilidade vigente.

Este fato reforça a importância e a pertinência da utilização de fontes alternativas de oferta de água, com destaque para o aproveitamento de água de chuva. Por meio da utilização de águas de chuva pode-se reduzir o consumo de água potável, o que além de benefícios financeiros, em uma perspectiva mais ampla, também tem relação com redução de consumo de energia e outros insumos no tratamento da água. Soma-se a isso a possibilidade de minimização de alagamentos e a preservação do meio ambiente (Marinosk e Ghisi, 2008).

Sistemas de aproveitamento de água de chuva são constituídos, em princípio, pela superfície de captação, geralmente áreas de cobertura, as estruturas de transporte de água, como calhas e tubulações, além do reservatório, que geralmente é o componente mais oneroso (Amorim e Pereira, 2008). O correto dimensionamento desse último item é de suma importância, para evitar custos extras, em caso de superdimensionamento, ou

baixas eficiências, em caso de subdimensionamento (Ghisi, 2010). Além disso, Ghisi (2010) em estudo que avaliou os fatores que influenciam o tamanho do reservatório para armazenamento de água de chuva, concluiu que todos os parâmetros, como precipitação, área de telhado, número de ocupantes da edificação e demanda de água potável, influenciam no volume do reservatório. Isso significa dizer que o dimensionamento deve ser realizado considerando-se as características locais, sendo específico para cada situação.

Embora o aproveitamento de água e chuva apresente vantagens evidentes, ainda faltam regulamentações que incentivem sua expansão em nível nacional. Pacheco et al. (2017) em estudo que avaliou a existência de leis relacionadas à captação e ao uso de água de chuva no Brasil, encontraram que dentre os 26 Estados e o Distrito Federal, 7 apresentam legislação referente ao tema. Em nível municipal, os autores afirmam que das 26 capitais, 16 possuem legislação a respeito de sistemas de aproveitamento de água de chuva. Todavia, as legislações não são homogêneas, sendo que algumas mencionam a exigência de sistemas de captação de água de chuva a partir de um determinado tamanho de área construída, outras relacionam a exigência com atividades específicas e 38% das regulamentações das capitais mencionam detalhes técnicos (Pacheco et al., 2017).

Muitos estudos vêm sendo realizados em diferentes partes do mundo com o intuito de avaliar a implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva em diferentes tipos de construções, como residências (Silva et al., 2015; Severis et al., 2019), comunidades rurais (Gonela et al., 2020), escolas (Sung et al., 2010) e aeroportos (Moreira Neto et al., 2012). Nesse contexto, universidades constituem um espaço com condições para a implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva, dado o número de edificações e as diferentes atividades consumidoras de água não potável. Além disso, as universidades têm um importante papel no processo de busca pela sustentabilidade, tanto em termos tecnológicos quanto em mudança de comportamento (Marinho et al., 2014). Dessa forma, o objetivo desse estudo foi avaliar a implantação de reservatórios para armazenamento de água de chuva em dois edifícios localizados na Universidade Federal de Itajubá, *Campus Itabira-MG*. Foram avaliados indicadores de eficiência do sistema, como porcentagem da demanda atendida, confiabilidade do sistema e eficiência no uso de água de chuva. Além disso, foi executada análise econômica de forma a fornecer informações para a seleção do volume mais adequado a cada situação.

Material e métodos

Área de estudo

A avaliação foi realizada em duas unidades distintas. Uma delas, aqui nomeada de Unidade 1 (U1) consiste em uma construção de quatro pavimentos, com salas de informática, laboratórios de aulas práticas, setores administrativos, banheiros e auditório. A Unidade 2 (U2) é uma estrutura provisória, de um pavimento, com dezoito salas de aula, sendo dezesseis delas destinadas a aulas teóricas e duas a aulas práticas, além de banheiros e sala multiuso destinadas ao desenvolvimento de projetos de extensão universitária.

A precipitação média mensal e temperatura média mensal no Município de Itabira são mostradas na Figura 1.

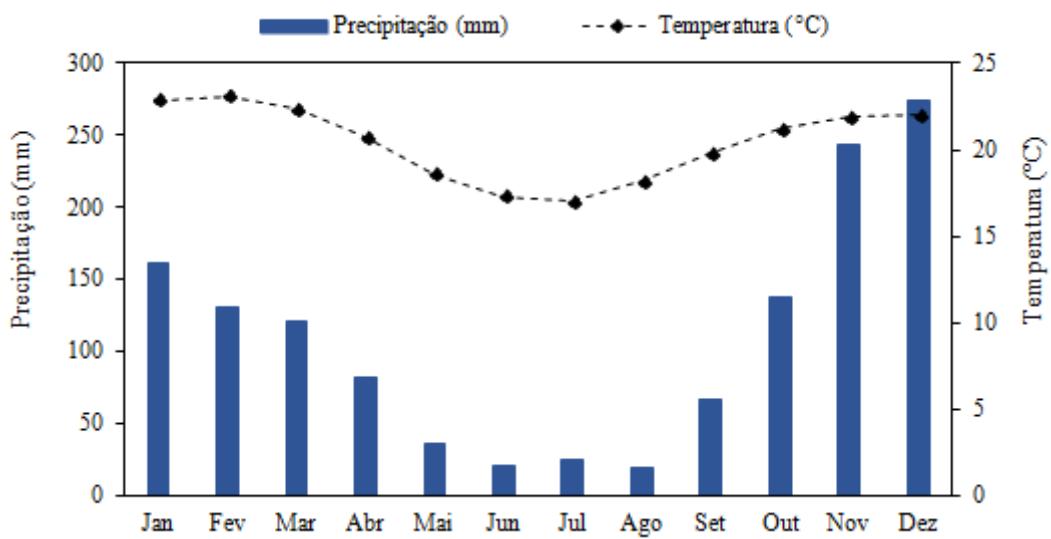


Figura 1. Precipitação média mensal e temperatura média mensal no Município de Itabira.

As atividades no *campus* ocorrem em período integral. No entanto, existem horários de maior ocupação dos locais e das salas de aula ao longo do dia, devido à variação no número de aulas oferecidas no mesmo horário e do número de estudantes inscritos em cada componente curricular. As duas unidades avaliadas nesse estudo possuem pontos de consumo de água potável distribuídos em banheiros com múltiplas instalações sanitárias, bebedouros e torneiras.

O número de ocupantes do *campus* é de 2.286 pessoas, sendo 228 funcionários efetivos (150 docentes e 78 técnicos administrativos) e 2.058 discentes, sendo esses dados referentes ao ano de 2017, obtidos na Diretoria de Gestão de Pessoas, do *Campus* de Itabira.

Estruturação do estudo e da obtenção de informações

Na Figura 2 são apresentadas as etapas da avaliação realizada para o aproveitamento de água pluvial nos edifícios da Universidade.

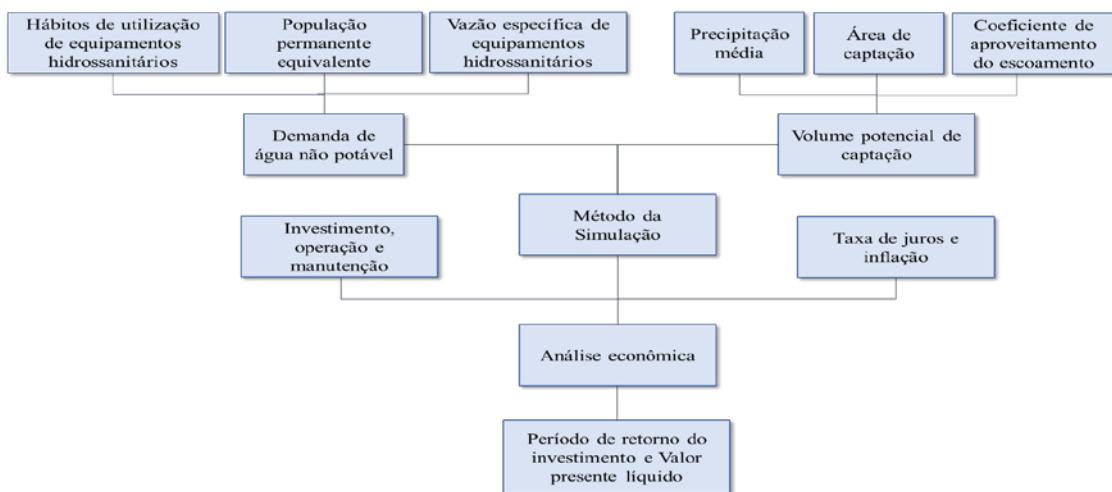


Figura 2. Etapas do estudo para aproveitamento de água de chuva.

Os dados a respeito de hábitos e frequência de utilização dos equipamentos hidrossanitários por parte dos usuários das duas Unidades foram utilizados na estimativa da demanda de água não potável. Para isso, foi necessário converter a população de cada uma das unidades em uma população equivalente à ocupação permanente. A demanda de água não potável foi utilizada para a definição de diferentes cenários, cada um com diferentes volumes de reservatório. A partir das características de cada cenário, foi possível proceder à análise econômica.

Ocupação das unidades estudadas

Edifícios de universidades públicas possuem atribuições distintas com perfis de ocupação também diferentes, o que influencia no consumo de água, e consequentemente, no potencial de aproveitamento de água de chuva. Somado a isso, muitas vezes os edifícios podem não apresentar hidrometria individualizada, o que representa mais um desafio na estimativa da demanda e na elaboração do projeto de sistema de aproveitamento de água de chuva da forma adequada. Diante disso, foi realizada a conversão da população flutuante em população equivalente, com o intuito de não se superestimar a demanda de água a que a água de chuva será destinada.

A ocupação das unidades analisadas foi obtida por meio do Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas (SIGAA), que é utilizado para controle das atividades na universidade. Utilizou-se dados do primeiro semestre de 2017. Foram selecionadas informações referentes às turmas formadas para cada componente curricular ministrado nos locais de interesse, bem como suas respectivas cargas horárias, o número de aulas semanais, o número de vagas ofertadas e a sala específica de realização das aulas.

Foi realizada a regularização da população que frequenta as unidades estudadas, uma vez que os edifícios universitários têm por característica a ocupação temporária de uma população flutuante. O objetivo dessa normalização foi converter ocupação temporária em um equivalente a ocupação permanente, para a partir daí, estimar o consumo de água em atividades que não necessitam de água não potável. Esse procedimento foi desenvolvido a partir do trabalho de Nakagawa (2009). Foram normalizadas as populações de estudantes, professores e demais funcionários, sendo essa última categoria composta por técnicos administrativos e trabalhadores terceirizados. Nessa categoria foram consideradas todas pessoas que desempenhavam atividades como limpeza, fotocópia, técnicos administrativos, professores em cargos de diretoria e estagiários. Tais informações foram obtidas no Sistema Integrado de Gestão de Recursos Humanos (SIGRH) da universidade.

As populações equivalentes foram obtidas por meio da Equação 1, de acordo com Nakagawa (2009).

$$PEO = \sum_{n=1}^1 \left(\frac{In * Fr * Chs}{NHD * NDS} \right) \quad (1)$$

Em que:

PEO: população equivalente de ocupantes; In: Número de indivíduos; Fr: frequência; Chs: carga horária semanal; NHD: número de horas por dia; NDS: número de dias na semana.

A Equação 1 foi aplicada separadamente para estudantes, professores e funcionários. Para estudantes o número de indivíduos foi obtido pela capacidade total de

cada disciplina, já a frequência considerada foi a mínima necessária para aprovação nos componentes curriculares, de 75%. Cada disciplina contabilizada teve sua respectiva carga horária considerada. Para os professores, o número de indivíduos foi obtido pela contagem dos responsáveis por ministrar os componentes curriculares em cada horário. A frequência admitida foi de 100% e a carga horária foi referente à disciplina ministrada. No caso dos funcionários, o número de indivíduos foi obtido a partir de informações do SIGAA e consulta à Diretoria de Gestão de Pessoas do *Campus* de Itabira, considerando-se os funcionários lotados nos edifícios em questão. A frequência foi de 100% e a carga horária de 40 h semanais. O número de horas por dia e o número de dias na semana foram de 8 e 5, respectivamente, para as três categorias.

A separação em categorias foi realizada em função da distinta natureza de ocupação que cada uma exerce nos edifícios do *campus*, como fica evidente a partir dos dados adotados e explicitados anteriormente. Com a obtenção das populações equivalentes de cada categoria, pode-se estimar a população equivalente total, conforme a Equação 2.

$$PE = PEE + PEP + PEF \quad (2)$$

Em que: PE: população equivalente total; PEE: população equivalente de estudantes; PEP: população equivalente de professores; PEF: população equivalente de funcionários.

Considerando-se a possibilidade de utilização de água de chuva em mictórios, a população total equivalente foi dividida entre homens e mulheres, uma vez que o número de usuários de cada banheiro influencia na demanda de água. Essa separação foi realizada a partir de um fator de correção, com base na proporção do número de indivíduos de cada sexo. Os dados para essa correção foram obtidos também pelo SIGAA e junto à Diretoria de Registro Acadêmico (DRA).

Hábitos de consumo e demanda de água

A estimativa do consumo de água não potável por aparelho hidrossanitário e do consumo de água total são apresentados na Equação 3.

$$\text{Consumo de água (L/d)} = U \times A \times Q_{esp.} \quad (3)$$

Em que U é o número de usuários (pessoas), A é o número de acionamento (acionamentos/pessoa.dia) e Q_{esp} representa a vazão específica do equipamento hidrossanitário (L/acionamento).

O número de usuários foi obtido a partir da população equivalente. O número médio de acionamentos das descargas foi obtido por meio da aplicação de questionários, assim como Ghisi e Ferreira (2007). Os questionários foram distribuídos entre homens e mulheres, novamente, com o intuito de se distinguir o uso de equipamentos hidrossanitários em cada banheiro. O tamanho da amostra foi definido a partir da Equação 4, recomendada por Barbetta (2003) para estimar a população representativa da amostra.

$$n \geq \frac{(1/\varepsilon^2) \cdot N}{(1/\varepsilon^2) + N} \quad (4)$$

Em que N é o tamanho da população, ε é o erro amostral (de 1 a 20%), e n é o tamanho da amostra, ou seja, o número de questionários a ser aplicado. O erro amostral aceito nesse trabalho foi de 10%, considerando-se a exequibilidade da aplicação dos questionários.

As vazões específicas das bacias sanitárias e mictórios foram obtidas por meio da NBR 5626 (ABNT, 1998), sendo adotado 1,7 L/s para descarga de vasos sanitários e 0,15 L/s para mictórios. O tempo de fechamento das válvulas de descarga foi obtido por medidas *in loco*. Deste modo, a partir dos dados de vazão e do tempo médio de funcionamento dos equipamentos foi possível estimar o consumo de água por acionamento.

Potencial de aproveitamento

O volume potencial de água de chuva a ser aproveitada em cada uma das unidades foi estimado pela Equação 5.

$$V = P \cdot A \cdot C / 1000 \quad (5)$$

Em que: V: volume de chuva potencial para armazenamento (m^3); P: precipitação média (mm); A: área de captação em cada unidade (m^2); C: Coeficiente de aproveitamento do escoamento superficial (adimensional).

Os dados de precipitação para Itabira estão apresentados na Figura 1. A área de contribuição de cada unidade foi calculada de acordo com a norma NRB 10844 (ABNT, 1989), considerando-se a inclinação dos telhados de 5º em relação a horizontal. O coeficiente de aproveitamento do escoamento superficial foi de 0,8 (Bezerra et al., 2010; Moreira Neto et al., 2012).

Estimativa do volume de reservação

Foi utilizado o método da simulação, disponível na NBR 15.527 (ABNT, 2007) para a estimativa do volume de reservatório a ser implantado em cada unidade. Esse método utiliza dados de precipitação, a área disponível para a captação e a demanda de água a ser atendida, frente a um volume de reservatório pré-determinado, para avaliar a performance do sistema em relação ao volume de chuva que é utilizado e a necessidade de suprimento externo. Para cada unidade os volumes de reservatório estudados foram definidos a partir da estimativa da demanda de água não potável em descargas de vasos sanitários e mictórios. O método consiste em comparar a capacidade de armazenamento com o volume de chuva potencial de ser captado (Equação 5) e a demanda de água dos usos aos quais a água de chuva será destinada. Quando o volume de chuva total é superior ao que pode ser armazenado, tem-se o descarte do volume excedente. Por outro lado, quando a água armazenada não é suficiente para os usos definidos, o modelo assume uma fonte de abastecimento externo, geralmente abastecimento público. Dessa forma, o método da simulação possibilita a obtenção de cenários para a avaliação e posterior

tomada de decisão, mais do que o dimensionamento do volume do reservatório propriamente dito. Tomaz (2009) afirma que o método é simples e fácil de ser utilizado. Além disso, de acordo com o autor, a principal vantagem do método é a seleção do melhor volume de reservatório levando em conta a eficiência, a confiabilidade e os custos do sistema.

Indicadores de desempenho do sistema de aproveitamento de água de chuva

Procedeu-se a obtenção de indicadores de desempenho do sistema de aproveitamento de água de chuva, que podem auxiliar na seleção do volume de reservatório mais adequado para cada situação. Foram estimados os indicadores de porcentagem da demanda atendida (% D.A.), eficiência de utilização de água de chuva (E) e a confiança do sistema (C).

A percentagem D.A. foi obtida pela Equação 6.

$$\% \text{ D.A.} = \frac{D - s.e}{D} \quad (6)$$

Em que D é a demanda de água anual (m^3) e s.e é o volume de água abastecido por suprimento externo (m^3).

A eficiência de utilização da água de chuva possível de ser captada foi obtida para cada cenário por meio da Equação 7.

$$E = \frac{V - VD}{V} \quad (7)$$

Em que V é o volume de chuva potencial para armazenamento (m^3) e VD é o volume descartado (m^3).

Já a confiabilidade do sistema pode ser obtida pela Equação 8.

$$C = Ta/Tt \quad (8)$$

Em que Ta é o tempo que a demanda foi atendida e Tt é o tempo total em um ano.

Análise econômica

A análise econômica foi conduzida por meio do modelo de Valor Presente Líquido (VPL) e da análise do período de retorno do investimento (*Payback*). No cálculo do VPL são considerados todas as despesas e receitas obtidas a uma taxa de juros determinada, apresentando o retorno do investimento em um período específico. Já o período de retorno do investimento ocorre quando o VPL é igual a zero, ou seja, quando as receitas obtidas são iguais ao investimento realizado. O VPL é apresentado na Equação 9.

$$VPL = -I + \sum_0^t \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \quad (9)$$

Na Equação 10 é apresentada a situação em que se tem o período de retorno do investimento.

$$I = \sum_0^t \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \quad (10)$$

Em que I é o investimento inicial, B_t são as receitas, C_t são os custos em um período de tempo t e i é a taxa de juros em ambas as equações.

Estes métodos são comumente utilizados em avaliações econômicas de sistemas de fontes alternativas de abastecimento de água, como aproveitamento de água de chuva (Moreira Neto et al., 2012; Domènec e Saurí, 2011) e águas cinza (Couto et al., 2015). Foi considerada a utilização de reservatório de fibra de vidro e o custo de instalação dos mesmos para cada cenário foi estimado a partir de consultas a estabelecimentos locais e da região. Os custos de manutenção de operação do sistema foram estimados em 6% do valor total de investimento, de acordo com Tomaz (2009). A taxa de juros considerada foi de 6,5% e a inflação de 4,0% ao ano. O valor da tarifa de água foi obtido a partir da Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (ARSAE) para prédios públicos, considerando a definição da tarifa por faixas de consumo.

Resultados de discussão

População equivalente

Na Tabela 1 é apresentada a ocupação semanal das unidades estudadas por categoria (estudantes, professores e funcionários), bem como a população equivalente.

Como destacado anteriormente, a U1 concentra um maior número de funcionários, entre técnicos administrativos e trabalhadores terceirizados que a U2, em função de diversos setores administrativos que funcionam nesse edifício. Todavia, o número total de estudantes e professores na ocupação semanal é maior em ambas as unidades, principalmente na U2, que funciona apenas para a execução de aulas. A população equivalente confirmou a diferença funcional entre as unidades. A relativização da ocupação para 8 h diárias, 5 dias por semana, causa a maior redução na população de estudantes e professores. Apesar da maior presença na ocupação absoluta, essas categorias (estudantes de professores) ocupam os espaços de forma intermitente, apenas no período de realização das aulas. Após as mesmas, os estudantes deslocam-se para os diferentes espaços de convivência e os professores para seus gabinetes de trabalho. Isso justifica os valores observados na população equivalente para essas categorias.

Tabela 1. Ocupação semanal e população equivalente das unidades estudadas.

Categoria	Ocupação semanal		População equivalente	
	Unidade 1	Unidade 2	Unidade 1	Unidade 2
Estudantes	836	11.873	30	413
Professores	47	233	2	8
Funcionários				
Lanchonete	0	1	0	1
Limpeza	3	2	2	2
Técnicos administrativos	70	2	70	2

Em relação à separação dos ocupantes por sexo, os dados obtidos mostraram uma proporção de 69% de estudantes do sexo masculino e 31% de estudantes do sexo feminino no *Campus* de Itabira. Já os professores e funcionários seguiram uma proporção de 51% de pessoas do sexo masculino e 49% do sexo feminino. Como explicado anteriormente, essas proporções foram importantes para se estimar a utilização de sanitários para cada sexo, que por sua vez, justifica-se devido a existência de diferentes equipamentos hidrossanitários, como vasos sanitários e mictórios.

Estimativa do consumo de água não potável

Os resultados obtidos pela aplicação do questionário são apresentados na Tabela 2. Das respostas obtidas, 78 foram de indivíduos do sexo masculino e 32 do sexo feminino.

Tabela 2. Hábitos de utilização de equipamentos hidrossanitários.

	Nº de indivíduos	Descarga em vasos sanitários		Mictórios		
		Nº médio de utilização ao dia	Acionamentos por uso	Porcentagem que utiliza mictório	Nº médio de utilização ao dia	Acionamentos por uso
Homens	78	1	1	89%	2	1
Mulheres	32	3	1	-	-	-

A partir do levantamento dos equipamentos hidrossanitários foi possível constatar que na U1 os vasos sanitários possuíam descarga com válvula convencional e mictório com descarga automática com retorno temporizado. Já na U2 as descargas dos vasos sanitários ocorrem por meio de caixa acoplada e a dos mictórios também de forma automática com retorno temporizado. Na Tabela 3 são apresentados os tempos médios de funcionamentos das descargas por acionamento, bem como sua vazão específica e a demanda de água por acionamento.

Tabela 3. Dados de funcionamento dos equipamentos hidrossanitários.

Local de estudo	Equipamento hidrossanitário	Tempo médio (s)	Vazão (L/s)	Demanda de água por acionamento (L)
Unidade 1	Mictório	5,0	0,15	0,75
	Sanitário	5,3	1,70	9,01
Unidade 2	Mictório	5,2	0,15	0,78
	Sanitário	-	-	6,00

O maior consumo de água por acionamento dentre os equipamentos hidrossanitários foi apresentado pelos vasos sanitários situados na U1, com 9,01 L. A diferença observada em relação aos vasos sanitários utilizados na U2 evidencia a economia de água possível de ser obtida pela adoção de equipamentos mais eficientes no uso da água. Em edifícios públicos, essa prática possui o potencial de reduzir a demanda de água em muitas situações. Vimieiro e Pádua (2007) obtiveram redução de 16% no consumo de água e período de retorno do investimento de 8 meses com a instalação de 11 torneiras automáticas e 11 válvulas de descarga de ciclo variável com regulagem de vazão em uma escola de ensino fundamental.

Os dados referentes ao consumo de água por acionamento e o comportamento dos usuários quanto à frequência de utilização dos equipamentos hidrossanitários permitiu realizar a estimativa do consumo de água nas descargas de vasos sanitários e mictórios em cada unidade. A estimativa do consumo mensal foi realizada considerando-se o valor médio de 22 dias úteis por mês. Com isso, obteve-se os valores de 35 m³/mês na U1 e 79 m³/mês na U2, o que significa um consumo anual de 420 m³ e 948 m³ em U1 e em U2, respectivamente.

O maior consumo da U2 é explicado pelo maior fluxo de pessoas, mesmo que com ocupação intermitente. Os valores estimados foram utilizados para a avaliação de cenários que contam com reservatórios de diferentes capacidades.

Volume dos reservatórios

A U1 possui uma área de telhado de 1.000 m², que pode fornecer um volume de chuva anual de 1.054 m³. Para essa unidade foram avaliados reservatórios de 5, 10, 15, 20 e 35 m³. Para o menor volume de reservatório testado, de 5 m³, o atendimento à demanda foi de 87% e a confiabilidade do sistema foi de 75%. Já para o reservatório de 35 m³, que foi o maior volume avaliado, a demanda atendida foi de 94% e a confiança do sistema foi de 83%. Na Figura 3 e na Tabela 4 são apresentados dados da análise técnica e econômica para os volumes estudados.

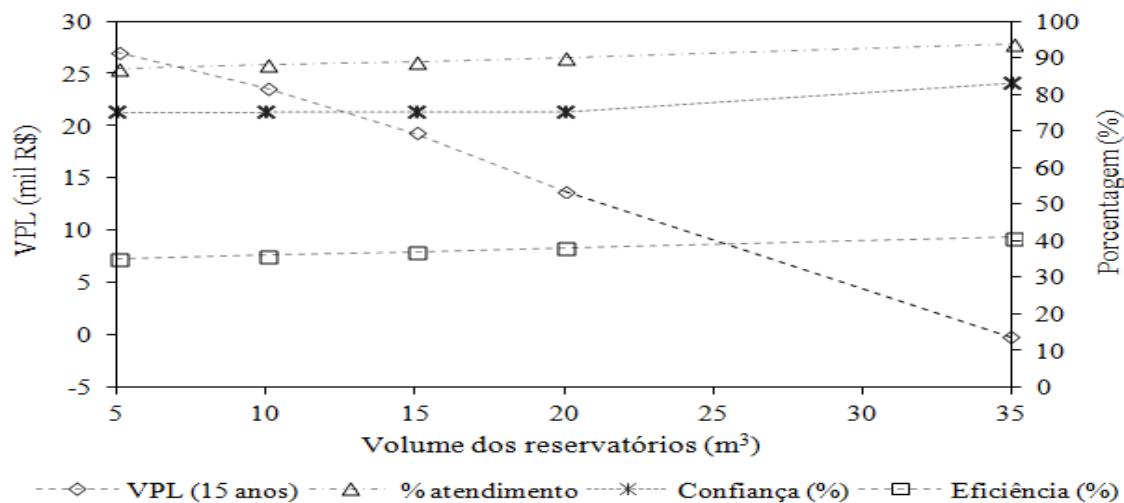


Figura 3. VPL, % atendimento, confiança e eficiência para reservatórios na U1.

Tabela 4. Investimento, suprimento externo e período de retorno do investimento na U1

Volume (m ³)	Investimento (R\$)	Suprimento externo (m ³)	Retorno do investimento (anos)
5	4.667,80	55	1,2
10	6.962,90	50	3
15	9.667,90	45	4,4
20	13.157,90	40	6,7
35	22.057,90	25	15,3

Percebe-se que a eficiência máxima na U1 foi de 41%, mesmo quando o atendimento à demanda é de 94%. Isso ocorre devido a diferença entre o volume captado e a demanda por água não potável no edifício. O período de retorno do investimento se eleva com o aumento do custo de investimento, chegando a um valor maior que 15 anos para o reservatório de 35 m³. Para reservatórios menores, até 20 m³, o período de retorno máximo foi de 6,7 anos. Com os dados apresentados pode-se verificar que o aumento do reservatório não causa um aumento no atendimento da demanda na mesma proporção, o que tem impacto direto na avaliação financeira. É possível observar que o VPL estimado para o período de 15 anos foi inversamente proporcional ao volume do reservatório, o que possui relação com o fato de o valor de investimento se elevar consideravelmente com o aumento do volume do reservatório. Para o reservatório de 5 m³, a confiança foi de 75% e o VPL foi de R\$ 27.076,03, para um investimento inicial de R\$ 4.667,80, com período de retorno do investimento de 1 ano e 2 meses, aproximadamente. Gonela et al. (2020) estudaram a aplicação de sistemas descentralizados de captação e aproveitamento de água de chuva em comunidades rurais nos Estados Unidos e verificaram também que o aumento da capacidade do reservatório possui um limite, acima do qual os custos se elevam significativamente sem aumentar a confiabilidade do sistema. Além disso, os autores concluíram que para residências isoladas, o nível de chuva e a capacidade de reservação são fatores importantes quando comparados a área de telhado, eficiência de captação e a demanda. Ressalta-se aqui a importância de se considerar um projeto de aproveitamento de água de chuva como investimento, sobretudo em edifícios públicos. Trata-se de uma quebra de paradigma, com possíveis benefícios econômicos em médio ou longo prazo e com benefícios ambientais imediatos. Os efeitos econômicos dizem respeito a redução de custos com abastecimento de água e em termos ambientais devido a redução da captação de água de aquíferos e nascentes (Cardoso et al., 2020).

A U2, por sua vez, possui área de telhado de 977 m², que propicia um potencial de captação de 1.029 m³ por ano. Nessa unidade os reservatórios avaliados foram de 15, 20, 30, 40, 50, 60 e 65 m³. A demanda atendida para o reservatório de 15 m³ foi de 72% e a confiança do sistema foi de 58%. Já para o maior volume avaliado, de 65 m³, o atendimento à demanda foi de 77% e a confiança também de 58%. Na Tabela 5 e na Figura 4 são apresentados dados da análise técnica e econômica para os volumes estudados.

Tabela 5. Investimento, suprimento externo e período de retorno do investimento na U2.

Volume (m ³)	Investimento (R\$)	Suprimento externo (m ³)	Retorno do investimento (anos)
15	10.005,90	264	2,4
20	13.495,90	259	3,4
30	18.905,90	249	5,1
40	25.100,90	239	7,6
50	31.295,90	229	10,6
60	36.705,90	219	13,9
65	40.604,90	214	17,0

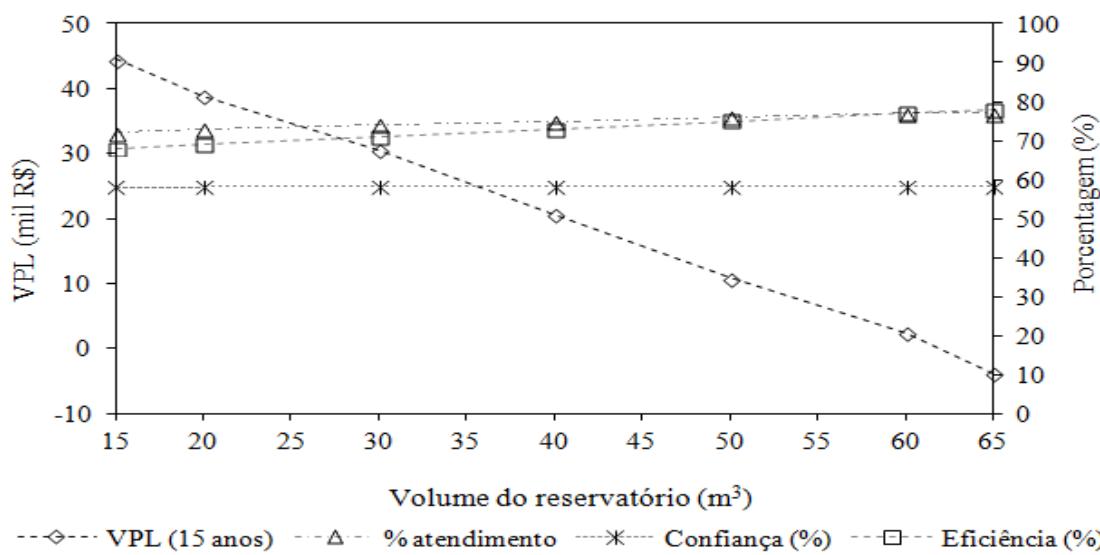


Figura 4. VPL, % atendimento, confiança e eficiência para reservatórios na U2.

Para U2, a eficiência de uso da água pluvial captada foi de 78% para o reservatório de 65 m³. Esse valor, superior ao observado na U1 para todos os reservatórios, deve-se, principalmente, à maior demanda de água não potável em U2. O período de retorno do investimento aumenta aproximadamente sete vezes, do menor reservatório avaliado para o maior, enquanto a demanda atendida se eleva em apenas cinco pontos percentuais, de 72% para 77%. Isso chama a atenção para a maior atratividade de reservatórios menores em determinadas situações, em que a elevação da demanda atendida é obtida às custas de investimentos demasiadamente elevados, que prolongam o período de retorno do mesmo, inviabilizando a prática. Esse comportamento foi observado para as duas unidades do presente estudo. O VPL para 15 anos teve seu valor máximo para o reservatório de 15 m³, sendo de R\$ 44.493,57. Nesse cenário, a confiança do sistema foi de 58% e o investimento inicial foi estimado em R\$ 10.005,90, com período de retorno de aproximadamente 2 anos e 5 meses.

Os resultados salientam a importância da consideração da demanda de água dos usos as quais a água de chuva será destinada na definição do volume do reservatório, sob pena de se superestimá-lo. Consequentemente, nesse caso, o armazenamento de água sem uma destinação definida irá interferir negativamente nos custos do projeto, já que o reservatório muitas vezes é apontado como o item mais oneroso do projeto, além de influenciar diretamente a confiabilidade do sistema (Rupp et al., 2011).

O método de análise e simulação permite uma avaliação ampla dos cenários propostos, por meio da obtenção de indicadores técnicos e econômicos que fundamentam a seleção do melhor reservatório para cada situação. O período de retorno do investimento vai ser influenciado pelas características da edificação e como o projeto é concebido. Moreira Neto et al. (2012) em estudo que avaliou a implantação de reservatórios de água de chuva em setores do aeroporto internacional Tancredo Neves, em Confins-MG, afirmam que nesses ambientes, comumente os reservatórios serão de maior porte, o que em princípio, pode levar a maiores períodos de retorno, quando comparados com edificações menores, que possuem um percentual elevado de sua demanda em usos externos, como irrigação de jardins, que não demandam água potável.

Salla et al. (2013) estudaram a viabilidade técnica da implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva na Universidade Federal de Uberlândia. Os autores obtiveram reservatórios de 7,9 m³ a 18,2 m³ para um potencial de economia de água

potável de 18,2% a 53,2%, respectivamente. Cardoso et al. (2020) avaliaram a implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial para dois edifícios na Universidade Federal do Pará, um laboratório e uma escola de música. A porcentagem da demanda que correspondia a atividades sem exigência de água potável foi de 76% no laboratório e 69% na escola de música. No laboratório, considerando o abastecimento pela concessionária da cidade, o valor presente líquido foi de U\$ 17.213,48, com um período de retorno do investimento de 6 anos e 4 meses. Já para a escola de música, o valor presente líquido foi de U\$ 4.659,81, com 10 anos de período de retorno do investimento. Os autores salientam que poucos trabalhos são desenvolvidos no tema para edifícios públicos no Brasil, com exceção de universidades federais, que possuem vários estudos com o objetivo de auxiliar a implantação do aproveitamento de água de chuva. No entanto, considerando-se a heterogeneidade das condições nacionais, no que diz respeito a hábitos de consumo de água, índices de precipitação e a estrutura dos edifícios nas universidades brasileiras, dificilmente resultados podem ser extrapolados para outras condições. Somado a isso, resultados econômicos distintos podem ser obtidos devido a diferentes tipologias de projetos e pressupostos financeiros.

O resultado da análise de sensibilidade para os fatores que podem influenciar no VPL é apresentado nas Figuras 5 e 6.

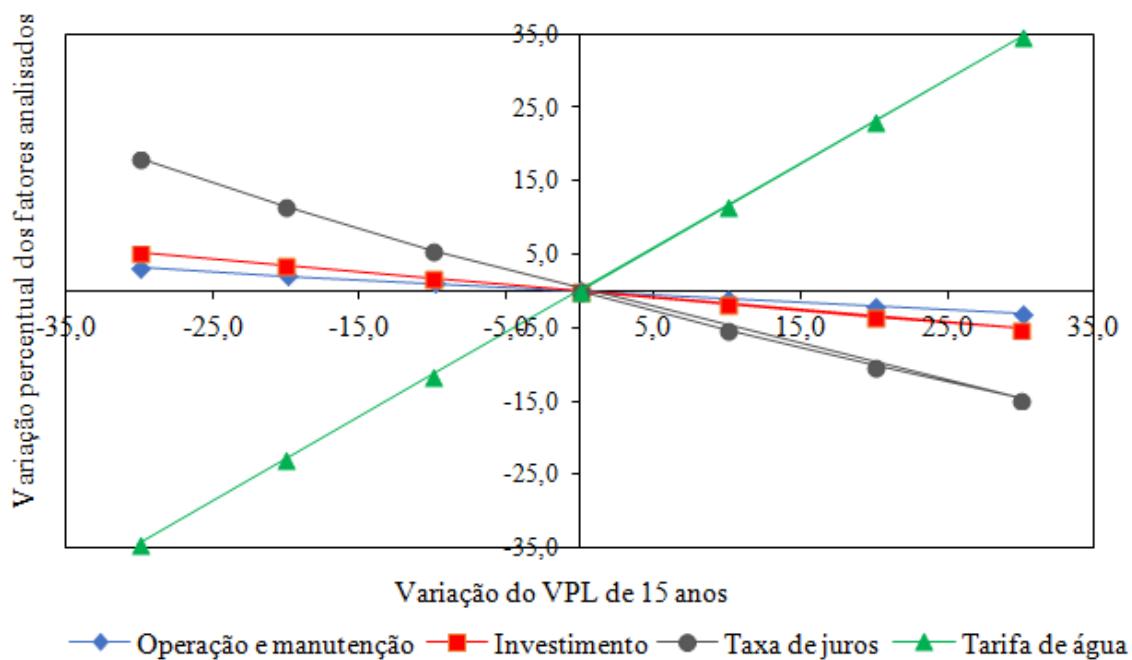


Figura 5. Análise de sensibilidade para a unidade 1.

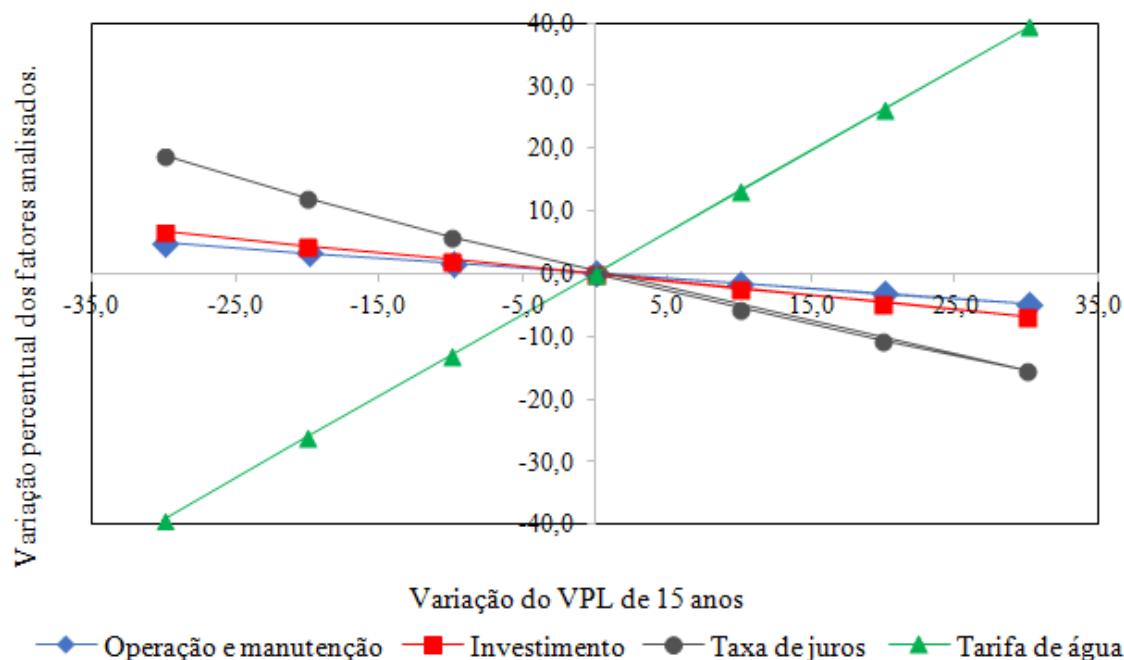


Figura 6. Análise de sensibilidade para a unidade 2.

Percebe-se em ambos os casos que o fator que mais influencia na variação do VPL é a tarifa de água. Quanto maior a tarifa de água, maior o VPL para um determinado período. Nesse caso, para um aumento de 10% da tarifa de água, o VPL para 15 anos de um reservatório de 5 m³ na U1 aumenta 11,6% e para um reservatório de 15 m³ na U2 se eleva 13,2%. Isso significa dizer que quanto maior a tarifa, maior a possibilidade de retorno financeiro a partir de um determinado período. Tendo em vista a cobrança por faixas de consumo, esse fato ressalta a atratividade da prática para empreendimentos que são grandes consumidores de água. Em seguida, a taxa de juros é o segundo fator que mais influencia a variação do VPL. No entanto, o comportamento é o oposto da tarifa de água, sendo inversamente proporcional ao VPL. Para uma redução de 10% na taxa de juros o VPL para 15 anos de um reservatório de 5 m³ na U1 tem aumenta 5,6% e para um reservatório de 15 m³ na U2 aumenta 5,9%. Isso tem um significado prático importante, que diz respeito a subsídios que podem ser concedidos a projetos de aproveitamento de água de chuva. A taxa de juros convencional pode subestimar os benefícios da prática, em função dos ganhos que a mesma pode gerar para a sociedade. Com a valorização cada vez mais evidente dos recursos hídricos, taxas de juros aplicadas a projetos sociais podem ser alocadas a sistemas de captação de água de chuva (Domènec e Saurí, 2011). Assim, os projetos tendem a ser cada vez mais atrativos do ponto de vista econômico. Os custos de operação e manutenção e o investimento inicial apresentam o mesmo comportamento que a taxa de juros, ou seja, são inversamente proporcionais ao VPL, no entanto, em uma menor intensidade. Para uma redução de 10% nos custos de operação e manutenção o VPL para 15 anos de um reservatório de 5 m³ na U1 tem aumenta 1,0% e para um reservatório de 15 m³ na U2 aumenta 1,6%. Já o para os custos de investimento, a redução de 10% implica em aumento de 1,7% no VPL de 15 anos da U1 e 2,2% na U2. O menor efeito de variação do investimento e da operação e manutenção pode estar relacionado ao fato de a análise ter sido realizada para os menores reservatórios estudados nas duas unidades. Silva et al. (2015) avaliaram a instalação de reservatórios em residências unifamiliares em dois municípios de Portugal. Os resultados corroboraram com que foram

observados no presente estudo, já que os autores concluíram que tarifas de água podem apresentar maior influência na viabilidade econômica do que o consumo de água das famílias. Os autores ainda apontam a relação direta do tamanho do reservatório com o número de dias no ano sem precipitação em uma localidade. Amos et al. (2018) avaliaram sistemas de aproveitamento de água de chuva em residências em Sidnei na Austrália e Nairobi no Quênia. Os autores observaram que as menores tarifas exercidas no país africano contribuíram para reduzir a razão custo-benefício do sistema em comparação à Sidnei.

O aproveitamento de água de chuva consiste em uma medida importante no que diz respeito à gestão de recursos hídricos em edificações, relacionado diretamente com a oferta de água. Contudo, ações relacionadas à demanda de água podem ser implementadas de forma a aprimorar o uso racional. Marinho et al. (2014) mencionam diversas iniciativas na Universidade Federal da Bahia, como por exemplo, o monitoramento contínuo e individualizado por unidade do consumo de água, troca e manutenção de equipamentos por outros economizadores de água, o envolvimento de estudantes de graduação e pós-graduação em projetos de pesquisa e extensão relacionados ao tema e o envolvimento e conscientização dos usuários, dentre outras. De acordo com o estudo, essas ações propiciaram uma redução de 42,6% no consumo de água em 11 anos, mesmo com o aumento da população acadêmica de 24.738 para 33.500 pessoas. Proença e Ghisi (2010) em estudo que avaliou 10 edifícios comerciais em Florianópolis-SC, encontraram que 56 % a 86% do consumo de água potável era relativo a atividades como limpeza e descarga de vasos sanitários, que não necessitam de água com tais características. Nesse sentido, os autores sugerem a instalação de sistemas de descarga mais eficientes como forma de reduzir a demanda por água. Silva et al. (2014b) apresentam resultados de redução do consumo de água em edifícios do Governo do Estado da Bahia. Também por meio de ações como monitoramento e análise do consumo de água, verificação e reparo de equipamentos hidráulicos e melhoria nos equipamentos sanitários foi obtida economia de 270.000 m³ de água potável em 5 anos e meio. Silva et al. (2014a) utilizaram água de chuva para um sistema de irrigação automatizado, com utilização de energia solar, visando avaliar a aplicabilidade de utilização de diferentes tecnologias, com fontes alternativas de água e energia, em busca de ambientes mais sustentáveis em áreas urbanas. O sistema reduziu o consumo de água em 64%, com a água de chuva atendendo a 69% da demanda.

Conclusão

O aproveitamento de água de chuva pode trazer benefícios ambientais e econômicos relacionados à redução da utilização de água potável em atividades que não necessitam de água com esses requisitos de qualidade. Diferentes empreendimentos e edificações podem realizar a prática em função das áreas disponíveis para captação e usos a que a água é destinada. Em universidades, o aproveitamento de água de chuva e o uso racional da água deve ser parte de um comportamento institucional, importante para a ampliação de ações nesse âmbito em toda sociedade.

O presente estudo permitiu verificar a importância da normalização da população flutuante em edifícios com ocupação intermitente, como forma de não superestimar o consumo de água. Além disso, foi possível observar o efeito das características funcionais das edificações no padrão de consumo de água, aspecto esse que ganha importância quando se pensa no aproveitamento de água de chuva em edifícios públicos das mais distintas atribuições. A unidade 2, como é destinada exclusivamente para aulas, possui ocupação superior à unidade 1, mesmo quando os números são traduzidos em população equivalente, o que representou demanda de água superior ao dobro.

Em ambas as unidades, indicadores econômicos, como o VPL e o período de retorno do investimento apresentaram maior variação entre os cenários estudados do que

índices de confiança e eficiência, podendo ser utilizados para a seleção do reservatório mais adequado em cada situação. O aumento no volume do reservatório, e consequentemente, no valor de investimento resultou em aumento de 7% da demanda atendida na U1 e 5% na U2, ressaltando a possibilidade de utilização de reservatórios menores. A análise de sensibilidade mostrou a importância da tarifa de água e da taxa de juros aplicada ao projeto para o VPL, sendo que esses fatores podem inclusive, ser utilizados como ferramentas de incentivo financeiro por parte do poder público para a prática de aproveitamento de água de chuva.

Esse estudo pode contribuir para a implementação de diretrizes para o aproveitamento de água de chuva no *Campus* de Itabira, além de evidenciar a pertinência da prática em diversas situações. Contudo, ressalta-se a possibilidade da adoção do aproveitamento de água de chuva em conjunto com outras medidas em diferentes tipos de edificações, com o intuito de seguir na direção da redução do consumo e uso racional da água.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Amorim, S. V.; Pereira, D. J. A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 2, p. 53-66, 2008.
- Amos, C. C.; Rahman, A.; Gathenya, J. M. Economic analysis of rainwater harvesting systems comparing developing and developed countries: A case study of Australia and Kenya. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 196-207, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.114>
- ANA - Agência Nacional de Águas. Hidroweb - Séries Históricas de Estações. Disponível em <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em: 12 nov. 2019.
- 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: Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5626: Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- Barbatta, P. A. **Estatística aplicada às Ciências Sociais**. Florianópolis: Ed. UFSC, 2003.
- Bezerra, S. M. C.; Christian, P.; Teixeira, C. A.; Farahbakhsh, K. 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**, v. 10, n. 4, p. 219-231, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212010000400015>
- Cardoso, R. N. C.; Blanco, C. J. C.; Duarte, J. M. Technical and financial feasibility of rainwater harvesting systems in public buildings in Amazon, Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 260, 121054, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121054>

Couto, E. A.; Calijuri, M. L.; Assemany, P. P; Santiago, A. F.; Lopes, L. S. Greywater treatment in airports using anaerobic filter followed by UV disinfection: An efficient and low-cost alternative. **Journal of Cleaner Production**, v. 106, 372-379, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.065>

Domènec, L.; Saurí, D. A comparative appraisal of the use of rooftop rainwater in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): Social experience, drinking water savings and economic costs. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, p. 598-608, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.11.010>

Ghisi, E. Parameters influencing the sizing of rainwater tanks for use in houses. **Water Resources Management**, v. 24, p. 2381-2403, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11269-009-9557-4>

Ghisi, E.; Ferreira, D. F. Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in Southern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, p. 2512-2522, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.07.019>

Gonela, V.; Altman, B.; Zhang, J.; Ochoa, E.; Murphy, W.; Salazar, D. Decentralized Rainwater harvesting program for rural cities considering tax incentive schemes under stakeholder interests and perchasing power restrictions. **Journal of Cleaner Production**, v. 252, 119843, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119843>

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas do Brasil de 1961 a 2015. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normais_climatologicas>. Acesso em: 10 fev. 2020.

Marinho, M.; Gonçalvez, M. S.; Kiperstok, A. Water conservation as a tool to support sustainable practices in a Brazilian public university. **Journal of Cleaner Production**, v. 62, p. 98-106, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.053>

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

Marinosk, A. K.; Rupp, R. F.; Ghisi, E. Environmental benefit analysis of strategies for potable water savings in residential buildings. **Journal of Environmental Management**, v. 206, p. 28-39, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.004>

Moreira Neto, R. F.; Carvalho, I. C.; Calijuri, M. L.; Santiago, A. F. Rainwater use in airports: A case study in Brazil. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 68, p. 36-43, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.08.005>

Nakagawa, A. K. **Caracterização do consumo de água em prédios universitários: o caso da UFBA**. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2009. (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo).

Pacheco, P. R. C.; Gómez, Y. D.; Oliveira, I. F.; Teixeira, L. C. G. A view of the legislative scenario for rainwater harvesting in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 141, p. 290-294, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.097>

Proença, L. C.; Ghisi, E. Water end-uses in Brazilian office buildings. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 54, p. 480-500, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.10.005>

Rupp, R. F.; Munarim, U.; Ghisi, E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 4, p. 47-64, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212011000400005>

Salla, M. R.; Lopes, G. B.; Pereira, C. E.; Moura Neto, J. C.; Pinheiro, A. M. Viabilidade técnica de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em universidade. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 2, p. 167-181, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212013000200013>

Severis, R. M.; Silva, F. A.; Wahrlich, J.; Skoronski, E.; Simioni, F. J. Economic analysis and risk-based assessment of the financial losses of domestic rainwater harvesting systems. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 146, p. 206-2017, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.040>

Silva, C. M.; Sousa, V.; Carvalho, N. V. Evaluation of rainwater harvesting in Portugal: Application to single-family residences. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 94, p. 21-34, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.11.004>

Silva, M. D. F. M.; Calijuri, M. L.; Sales, F. J. F.; Souza, M. H. B.; Lopes, L. S. Integration of technologies and alternative sources of water and energy to promote the sustainability of urban landscapes. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 91, p. 71-81, 2014a. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.07.016>

Silva, S. F.; Britto, V.; Azevedo, C.; Kiperstok, A. Rational consumption of water in administrative public buildings: The experience of the Bahia Administrative Center, Brazil. **Water**, v. 6, p. 2552-2574, 2014b. <https://doi.org/10.3390/w6092552>

Sung, M.; Kan, C. C.; Wan, M. W.; Yang, C. R.; Wang, J. C.; Yu, K. C.; Lee, S. C. Rainwater harvesting in schools in Taiwan: System characteristics and water quality. **Water Science & Technology**, v. 61, n. 7, p. 1767-1778, 2010. <https://doi.org/10.2166/wst.2010.107>

Tomaz, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2009.

Vimieiro, G. V.; Pádua, V. L. Emprego de equipamentos especiais na economia de água em uma escola de ensino fundamental. Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, 2007.



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.