

Aproveitamento de água pluvial e sua relação com ações de conservação de água: estudo de caso em hospital universitário, São Carlos (SP)

Rainwater harvesting and its relationship with water conservation actions: case study in a university hospital, São Carlos, São Paulo, Brazil

María Camila Perdomo Gaitán^{1*} , Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira¹ 

RESUMO

A implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAPs) em edificações com alto consumo de água, como estabelecimentos hospitalares, pode trazer benefícios tanto econômicos aos usuários como ambientais. No entanto, é considerada por alguns como a última ação a implementar na conservação da água nessas instituições, recomendando-se, em um primeiro momento, ações de diminuição de consumo. Por isso, este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de economia de água decorrente da implantação de um SAAP como alternativa de abastecimento de água e estabelecer comparações com ações de diminuição de consumo, tendo como objeto de estudo o Hospital Universitário (HU), da Universidade Federal de São Carlos, São Paulo. Para tanto, foi adotada uma metodologia baseada no balanço hídrico em função das demandas de água para diferentes usos no HU e em relação às edificações atualmente em funcionamento e ampliações futuras, previstas em dos fases; análises do tamanho ótimo de armazenamento e avaliação da redução de consumo com um maior controle das perdas e a substituição de tecnologias existentes por dispositivos economizadores nos mesmos períodos. Com a determinação da relação oferta-demanda, a implantação do SAAP evidenciou um potencial de economia de água de 57% do consumo com as instalações atualmente em funcionamento e de 19% do consumo final projetado para o final das ampliações, enquanto as ações de diminuição apontaram valores de 37 a 24% para os mesmos cenários. Procedimentos combinados de aproveitamento de águas de chuva e diminuição de consumo de água podem economizar entre 71% do consumo atual e 39% no final de projeto, níveis considerados significativos e que refletem a necessidade do gerenciamento estratégico da água que promovam benefícios financeiros, ambientais e sociais.

Palavras-chave: aproveitamento de águas pluviais; potencial de economia de água potável; edificações mais sustentáveis; conservação da água em estabelecimentos hospitalares.

ABSTRACT

The implementation of rainwater harvesting systems (RWHS) in buildings with significant water consumption, such as hospitals, can bring both economic and environmental benefits to users. However, it is considered by some the last action to be implemented in the conservation of water in these institutions, recommending at a first moment actions to reduce consumption. That is why the purpose of this study was to evaluate the potential of water saving by means of the implementation of a RWHS as an alternative of water supply and to establish comparisons with water uses conservations actions, having as an object of study the University Hospital of the Federal University of São Carlos - SP (UH). This was determined by a methodology based on the water balance as a function of the water demands for different uses in the UH and in relation to the buildings currently in operation and future extensions, planned in the phases; optimal storage size analysis and consumption reduction assessment with greater loss control and replacement of existing technologies with cost-saving devices over the same periods. With the determination of the supply – demand relationship, RWHS's implementation showed a water saving potential of 57% of the current consumption and 19% of the projected end, while the decreasing actions indicated values of 37 to 24% for the same scenarios. Combined actions for rainwater harvesting and reducing water consumption can save between 71% of current consumption and 39% at the end of the project, which are considered to be significant levels and reflect the needs of strategic water management with financial, environmental and social benefits.

Keywords: rainwater harvesting; potential for water saving; more sustainable buildings; water conservation in health facilities.

¹Universidade Federal de São Carlos - São Carlos (SP), Brasil.

*Autora correspondente: mariacperdomo88@gmail.com

Recebido: 13/12/2017 - Aceito: 14/12/2018 - Reg. ABES: 189032

INTRODUÇÃO

Conforme é destacado mundialmente, cerca de 75% da superfície da Terra é coberta por água, mas menos de 1,0% corresponde à água doce, disponível em fontes superficiais e subterrâneas, para o desenvolvimento das atividades humanas (MANCUSO; SANTOS, 2003). O balanço nessas fontes permanece estável graças ao ciclo hidrológico que as regula naturalmente (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2015). No entanto, por causa de fatores como o crescimento populacional e o aumento das atividades agrícolas, de produção industrial, de resíduos e de poluição, somados à gestão deficiente dos recursos, são cada vez mais raras as fontes aptas para atender às demandas qualitativas e quantitativas requeridas para seus diferentes fins, gerando grandes problemas de escassez de água doce no mundo todo (MAY, 2004).

Dada essa problemática, em diferentes países, está sendo modificado o enfoque na prestação do serviço de abastecimento de água nas cidades. Isso tem levado gestores, pesquisadores e técnicos a analisar a viabilidade da utilização de fontes alternativas, como, por exemplo, a dessalinização da água de mar, o reúso de água cinza e o aproveitamento da água pluvial (MITCHELL *et al.*, 2008). Este último pode ser considerado uma solução muito interessante, em razão do seu menor custo e da sua funcionalidade dupla, já que, além de reduzir o estresse hídrico nas fontes tradicionais de abastecimento, contribui para a atenuação das vazões e dos volumes coletados pelos sistemas de drenagem (MITCHELL *et al.*, 2008; ROSTAD; FOTI; MONTALTO, 2016).

Além do anterior, os sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAPs) são geralmente adequados para qualquer tipo de edificação, podendo ser implantados desde a concepção dos projetos ou depois da construção das edificações (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2015). Nesse sentido, a implantação desses sistemas em edificações com altos consumos de água, como comércios e instituições, pode trazer grandes benefícios tanto econômicos aos usuários como ambientais, já que a maior demanda é para serviços que não requerem qualidades especiais da água, tais como bacias sanitárias, mictórios, sistemas de resfriamento, irrigação e serviços de limpeza (CABELL BRAND CENTER, 2009). Os estabelecimentos hospitalares são um exemplo dessas edificações, sendo grandes consumidores de água e energia (OMS, 2009). Essas instalações consomem 7% da água fornecida em estabelecimentos comerciais e institucionais nos Estados Unidos (USEPA, 2012). Os pontos usuais de consumo de água de um hospital são água quente para higiene, água fria para consumo humano, irrigação de áreas verdes, sistemas de resfriamento, lavanderia, cozinhas e equipamentos médicos (OERTLÉ *et al.*, 2010). Esses usos são classificados em: doméstico, que compreende higienização corporal, ambiental, de utensílios e para preparação de alimento; e de uso específico, que

inclui a água utilizada para processos especiais de equipamentos médicos (LIMA, 2007).

Ao redor do mundo, os estabelecimentos do setor da saúde vêm considerando diferentes formas de redução no consumo de água potável, mediante programas de conservação e a implementação de fontes de água alternativas, como aproveitamento de água pluvial, reúso de águas residuais de processos hospitalares ou águas cinzas (NHS, 2009; VICTORIAN GOVERNMENT DEPARTMENT OF HEALTH, 2009). Por essa razão, a fim de propor uma gestão estratégica e o uso sustentável dos recursos hídricos nas instalações de saúde, é essencial conhecer a quantidade e a qualidade da água para cada uso final, com o objetivo de implementar as estratégias mais favoráveis em sua conservação, garantindo a saúde dos usuários (D'ALESSANDRO *et al.*, 2016).

Para a implementação de SAAP em estabelecimentos hospitalares é importante a análise de sua viabilidade técnica e ambiental, bem como econômica, a qual depende de variáveis próprias de cada instituição, como localização, número de leitos e serviços atingidos, o que não faz possível uma padronização das soluções técnicas na projeção de um sistema. Por isso é importante o desenvolvimento de metodologias que contemplem as diferentes variáveis que influenciam a adoção desses SAAPs em tais edificações, como: as características qualitativas e quantitativas da demanda e seus usos finais; a disponibilidade de águas pluviais e sua qualidade; o potencial da economia de água potável em relação ao seu fornecimento por fontes tradicionais; a avaliação de custos de investimento e o retorno deste, tudo isso prevenindo os riscos específicos para sua implementação.

A execução de SAAP em edificações institucionais, como os hospitais, pode ter grande potencial de economia da água potável, no entanto a bibliografia sugere programas de economia que não contemplam, em um primeiro momento, esse tipo de sistema. Assim, é importante comparar o potencial de economia de água mediante SAAP em relação às ações básicas de conservação de água em hospitais, como, por exemplo, a substituição de sistemas e componentes convencionais de fornecimento de água, a detecção e correção de perdas nas instalações e o controle de desperdícios nos usos (OLIVEIRA; GONÇALVES, 1999).

Portanto, a pesquisa descrita no presente artigo teve como objetivo avaliar o potencial de economia de água em um hospital universitário após a implantação de um SAAP como alternativa de abastecimento, relacionando essa medida com possíveis ações de conservação da água de abastecimento.

METODOLOGIA

A área de estudo para este trabalho, o Hospital Universitário (HU) “Prof. Dr. Horácio Carlos Panepucci”, da Universidade Federal de

São Carlos, está localizado na cidade de São Carlos, São Paulo, Brasil. Conta com área total de 36.600 m², com aproximadamente 22.000 m² de área construída, distribuída em quatro blocos (Figura 1).

O projeto previu atividades administrativas e de ensino no Bloco 1; no Bloco 2, a unidade de emergência, serviços de apoio e diagnóstico, centro cirúrgico, centro obstétrico, unidade de terapia intensiva (UTI) e central de esterilização; no Bloco 3, unidades de internação; e, no Bloco 4, unidades de apoio e serviços gerais. O HU iniciou suas atividades em 2007, no entanto, por diferentes motivos, as obras e a consequente expansão das atividades não foram ainda concluídas. Atualmente, o Bloco 2 está em funcionamento e concluído, com 21 leitos e atendimentos externos; já o Bloco 3, em que já foram inaugurados 45 novos leitos no começo de 2018 e para o qual há previsão de 309 leitos mais para o final das obras projetadas, em um prazo aproximado de 5 anos, está em processo de adequação.

Cálculo da demanda e classificação de usos da água

O consumo total de água é medido diariamente pela administração do HU, mediante um hidrômetro na entrada da água da rede pública ao reservatório da edificação. No entanto, os valores não permitiram determinar diretamente os diferentes fins da água consumida, sendo, portanto, necessárias a revisão das projeções iniciais do seu dimensionamento e a análise dos dados estatísticos de usuários e serviços, com os quais se identificaram os diversos usos da água no período de dados coletados, entre 2016 e 2017.

A fim de classificar os usos da água na edificação, foram consideradas: para fins potáveis (P), a água destinada a chuveiros, torneiras, cozinha e usos hospitalares especiais; como usos internos não potáveis (NPI), a água destinada para bacias sanitárias e mictórios; e como usos externos não potáveis (NPE), a água para irrigação de jardins e limpeza e reposição do espelho d'água existente em frente ao Bloco 2. Assim, os usos externos são, na sua totalidade, para fins não potáveis, enquanto os usos internos podem ser para fins potáveis e não potáveis.

É importante esclarecer que a definição de usos não potáveis não dispensa a necessidade de tratamento, já que as diferentes regulamentações

para implantação de SAAP de telhados apresentam diretrizes mínimas de tratamento e qualidade para usos internos não potáveis.

Desse modo, para determinar o volume de água diário usado para cada fim, foram utilizadas as estatísticas de ocupação atuais da edificação, bem como as projeções de consumo feitas no dimensionamento do sistema de abastecimento por meio da Portaria nº 1.884, do Ministério da Saúde (BRASIL, 1994), na qual são especificados os seguintes consumos para instalações hospitalares:

- Paciente interno: 120 L/dia;
- Funcionário: 50 L/dia;
- Cozinha: 25 L/refeição.

Já que a água para banheiros é distribuída entre o consumo projetado para funcionários, leitos e consulta externa, e apresenta usos tanto potáveis como não potáveis, foram determinados, de acordo com o estudo de Gleick *et al.* (2003), os valores para cada aparelho. Assim, os consumos para chuveiros, mictórios, bacias sanitárias e torneiras são calculados em relação ao consumo por descarga (L/usuário) e à quantidade de usos por usuários dia, segundo os valores apresentados na Tabela 1.

Com a definição dos consumos para usos externos, cozinha e banheiros, foram determinados os usos para processos especiais da edificação. Assim, foi possível estabelecer os usos não potáveis externos e os usos potáveis e não potáveis internos.

Uma vez que os dados reais só incluíram as medições de consumo entre 2016 e 2017, foi necessário analisar diferentes cenários de consumo, os quais consideram a demanda para os diferentes usos na

Tabela 1 - Consumo de água por uso e número de descargas por usuário/dia para cada aparelho sanitário.

	L/usuário	Funcionários ⁴	Externo ⁴	Internos ⁴
Chuveiro	26 ¹	-	-	5,0 ⁵
Torneiras	0,42 ²	3,9	1,5	5,9
Mictórios	6 ³	1,3	0,5	1,9
Bacias sanitárias	6,8 ²	2,6	1,0	4,0

¹Vazão média por minuto do fabricante; ²vazão por descarga de Mictórios e Bacias (GLEICK *et al.*, 2003); ³vazão por descarga do fabricante; ⁴número de descargas por pessoa, no caso do chuveiro, tempo de uso (GLEICK *et al.*, 2003); ⁵Lima (2007).

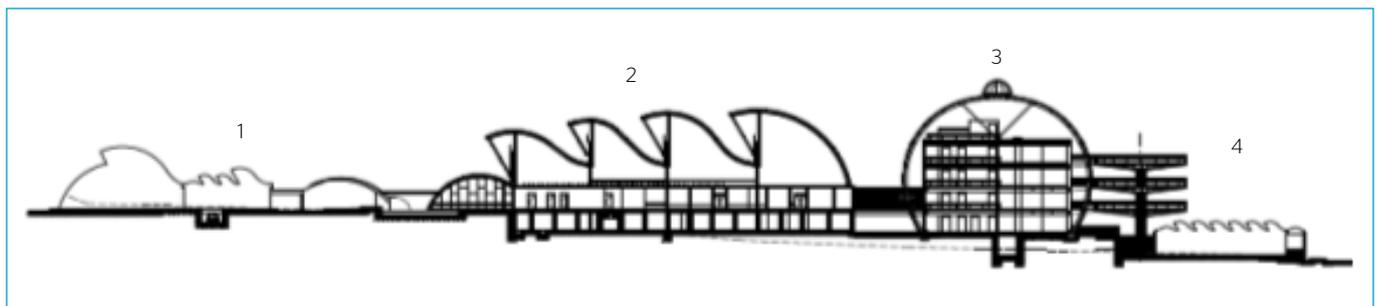


Figura 1 - Esquema dos blocos do hospital universitário.

edificação (P, NPI e NPE). Da mesma forma, foram consideradas três etapas de implantação do HU: Fase Inicial (até 2018), Fase 1 (45 leitos adicionais em funcionamento e consulta externa) e Fase Final (total das ampliações previstas). Cenários combinando todas as alternativas foram inicialmente estabelecidos, mas ao final foram consideradas as cinco situações apresentadas no Quadro 1.

Assim, o Cenário 1 considera apenas o uso externo da água (que é sempre não potável e constante nas três fases); os Cenários 2, 3 e 5, os usos não potáveis em cada uma das fases; e o Cenário 4, os usos totais (potáveis e não potáveis, externos e internos), mas apenas na Fase Inicial.

Estimativa da oferta de água pluvial

Em seguida, realizou-se a análise da oferta hídrica, a partir do método racional, estabelecido considerando a Equação 1 (CAMPOS-ARANDA, 2008; BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2015):

$$Q = C * I * A \quad (1)$$

Em que:

Q = a vazão máxima de escoamento na bacia;

C = o coeficiente de escoamento superficial;

I = a intensidade da chuva;

A = a área da bacia.

É importante observar que, no presente caso, somente foi considerada a captação da água pluvial incidente nas coberturas da edificação.

Assim, com base nas características dos telhados e seus respectivos coeficientes de escoamento, conforme a NBR 10.844 (ABNT, 1989), e das alturas de precipitação acumuladas, calculou-se a disponibilidade em termos de volume, de acordo com a Equação 2 (CHOW, 1994), para cada mês e cada cenário definido:

$$V = C * P * A \quad (2)$$

Em que:

V = o volume disponível (m³);

Quadro 1 – Cenários resultantes em função do tipo de uso da água e das etapas de implantação.

Cenário	Uso	Demanda
1	NPE	Todas as fases
2	NPI + NPE	Inicial
3	NPI + NPE	Fase I
4	P + NPI + NPE	Inicial
5	NPI + NPE	Final

C = o coeficiente de escoamento superficial;

P = o valor numérico da precipitação média anual (mm);

A = a área de coleta em projeção (m²).

Assim, por meio da obtenção e da análise dos dados históricos de precipitação mensais, medidos em uma estação pluviométrica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada nas proximidades do HU, foi possível obter os valores médios mensais e diários de água de chuva disponível entre 1970 e 2016.

Potencial de aproveitamento

Com a determinação da oferta da água pluvial disponível e a demanda do HU para seus diferentes usos, foi possível desenvolver balanços hídricos, por meio do método de massas, com a simulação de diferentes cenários de consumo. No entanto, o volume de armazenamento é o elemento principal de regulação do sistema, por isso o potencial de economia da água depende do seu tamanho. Assim, foi dimensionado o reservatório pelo método da simulação, sugerido na NBR 15.527 (ABNT, 2007), o qual consiste no balanço de massa diária que calcula a água no reservatório no tempo, de acordo com a Equação 3, considerando que o tanque está vazio no começo da modelação.

$$S_t = V_t + S_{t-1} - D_t \quad (3)$$

Em que:

$$0 \leq S_t \leq V;$$

S_t e S_{t-1} = volume de água no reservatório no tempo t e t-1 (m³);

V_t = volume de chuva aproveitável no tempo t (m³);

D_t = demanda ou consumo de água no tempo t (m³).

No entanto, a simulação dos reservatórios proporciona somente uma verificação do atendimento à demanda para diferentes tamanhos de reservatório. Por isso, foi seguida a metodologia apresentada por Moruzzi, Garcia e Oliveira (2012), em que são analisadas variáveis como a eficiência de abastecimento (E_a) e a eficiência de aproveitamento de água disponível (E_h) em função do tamanho do reservatório. Essas variáveis são definidas assim nas Equações 4 e 5.

$$E_a = \frac{\sum_{t=1}^{365} Va_t}{\sum_{t=1}^{365} D_t} \quad (4)$$

Em que:

$$0 < E_a < 1;$$

Va_t = o volume aproveitável no tempo t, definido como: Va_t = D_t, se V_t + S_{t-1} ≥ D_t, ou Va_t = S_{t-1} + V_t, se 0 < S_{t-1} + V_t < D_t.

A eficiência de aproveitamento é determinada pela Equação 5:

$$E_h = \sum_{t=1}^{365} Va_t / \sum_{t=1}^{365} V_t \quad (5)$$

Para a implementação desse método foram assumidas as seguintes hipóteses:

- Para cada simulação a demanda diária de água pluvial deve se manter constante;
- A máxima demanda avaliada nas simulações deve ser sempre menor ou igual à disponibilidade de água, sendo para o extremo $E_a = E_h$;
- Não foi considerado o descarte da primeira chuva.

Potencial de conservação da água com diminuição do consumo

A principal ação de conservação da água no HU avaliada foi a substituição dos dispositivos sanitários atualmente utilizados por equipamentos economizadores de água. Assim, os mesmos cálculos dos consumos de água já apresentados para os aparelhos existentes foram refeitos considerando a implantação de aparelhos economizadores selecionados.

Por outro lado, foi também feita uma simulação do potencial de economia de água nos banheiros, na cozinha e em processos, a partir dos valores propostos por Gleick *et al.* (2003) no “Commercial Water Use and Potential Savings: Appendix E”, que considera, com base em diferentes estudos feitos nos Estados Unidos, diminuições percentuais do consumo por atividade realizada em um hospital (Tabela 2). O uso final “Processos” inclui os sistemas hospitalares como máquinas de raios X (como parte do processo de desenvolvimento do filme), esterilizadores de vapor (para equipamento de esterilização), laboratórios, caldeiras, bombas de vácuo (para ambientes de esterilização), entre outros.

Além disso, como uma ação de conservação da água específica para o caso estudado, foram estimados consumos externos menores na manutenção do espelho d’água da edificação, considerando dados de evaporação, medidos pela mesma estação pluviométrica do INMET, que indicaram a ocorrência de perdas por possíveis fugas de água nessa estrutura.

Os potenciais de economia de água para abastecimento obtidos pelas duas alternativas (SAAP e conservação da água) foram então comparados em função dos cenários estudados, tendo sido também avaliado o potencial máximo de economia com a combinação de ambas.

Tabela 2 - Potencial de economia de água em hospitais.

Uso Final	Potencial de Conservação		
	Baixa	Alto	Melhor
Banheiros	47%	47%	47%
Processos	39%	57%	52%
Cozinha	20%	20%	20%

Fonte: tomado de Gleick *et al.* (2003)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos itens subsequentes são apresentados os resultados do cálculo da demanda para os diferentes prazos de consumo e sua classificação por usos. Posteriormente, são apresentados os resultados referentes à avaliação da disponibilidade de água pluvial, ao potencial de aproveitamento de água pluvial dos telhados e à análise de conservação mediante ações de redução de consumo.

Demanda de água

Com as medições de consumo e dos registros de usos externos diários nos anos de 2016 e 2017, a Figura 2 apresenta as vazões médias mensais para os usos externos e internos, bem como os respectivos valores médios no período. Os consumos internos apresentam um desvio padrão de 4 m³.dia⁻¹, enquanto o consumo externo tem um desvio padrão de 8,4 m³.dia⁻¹. A análise desses dados permite observar que os consumos externos do HU (basicamente a manutenção do espelho d’água) são maiores nos meses de verão (dezembro, janeiro, fevereiro), além de abril e setembro. Há, portanto, influência da evaporação, mas o pessoal administrativo do HU reportou perdas de água por problemas estruturais e mecânicos do sistema de limpeza e armazenamento.

Depois do levantamento das informações pertinentes foram avaliados os consumos para cada cenário em relação aos valores apresentados na Tabela 3.

A Figura 3 apresenta os volumes calculados por aparelho sanitário e a soma destes, o que representa o consumo total de banheiros para cada cenário de consumo: Fase Inicial, Fase I e Fase Final.

Os consumos internos totais medidos e projetados, menos os da cozinha e dos banheiros, permitiram determinar a demanda para os processos especiais do HU. Assim, o total do consumo interno foi dividido para cada fim.

Desse modo, a Figura 4 mostra os consumos de água para usos potáveis, não potáveis internos e não potáveis externos para cada cenário analisado. Os usos potáveis são maiores que os usos não potáveis internos e externos. Observa-se que os consumos externos se mantêm constantes no tempo (15 m³.dia⁻¹), já que só estão sendo consideradas a manutenção do espelho d’água e as atividades exteriores que não variam com o número de usuários.

No total, o consumo de água potável na fase inicial corresponde a 34% do consumo total, aumentando para 54% com as ampliações da Fase I e para 72% com a finalização das ampliações previstas (Fase Final).

Disponibilidade de águas pluviais

Por meio da obtenção e análise dos dados históricos de precipitação, foram determinados os valores mínimos, máximos e as médias históricas mensais dos anos estudados. Desse modo, a Figura 5 apresenta as alturas de precipitação médias mensais e inclui as precipitações registradas em 2016, o último ano completo medido.

A média mensal anual para o conjunto de dados analisados foi de 125,96 mm, e as maiores amplitudes em relação às médias mensais ocorreram nos meses chuvosos de janeiro e dezembro (157,59 e 123,35 mm).

Para a análise de disponibilidade foi prevista a possível divisão da edificação em zonas de captação, em relação à sua topografia, como mostra a Figura 6, que apresenta as áreas efetivas dos telhados de cada bloco do HU. Dos quatro blocos, dois foram descartados: o Bloco 1, em função da pequena área de contribuição, e o Boco 4, pela posição topográfica desfavorável.

Outro fator a ser observado no contexto do presente caso é a existência de um reservatório de concreto de 40 m³, já construído e que estaria disponível para armazenar a água pluvial.

A partir do material dos telhados foi adotado o valor de 0,85 para o coeficiente de escoamento superficial para as potenciais áreas de captação. Em seguida, foram calculados os diferentes volumes de água de chuva captável mensalmente para aproveitamento nos dois blocos considerados (Blocos 2 e 3), como apresentado na Tabela 4.

Pode-se observar que o volume máximo de aproveitamento anual da captação nos blocos disponíveis é de aproximadamente 16.200 m³, o qual é superior ao consumo anual atual, registrado em 13.421 m³ anuais (36,77 m³/dia). Essa economia poderia atingir 100% da demanda das edificações iniciais, caso fosse empregado um reservatório de 2.500 m³.

Tabela 3 - Usuários atuais e projetados do hospital universitário.

	Inicial	Fase 1	Final**
Número de empregados	254	479	692
Número de leitos	4,2*	75	309
Número de refeições	76	413	1.700
Número consultas externas	264	264	509

*Média diária de uso, segundo estatísticas de uso atual (21 leitos disponíveis), **para os prazos Fase 1 e Final foram considerados os valores máximos de ocupação.

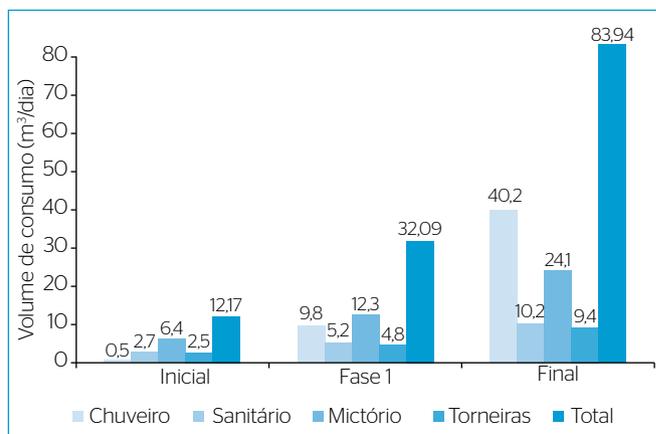


Figura 3 - Consumo diário por aparelho para cada prazo e consumo total dos banheiros.

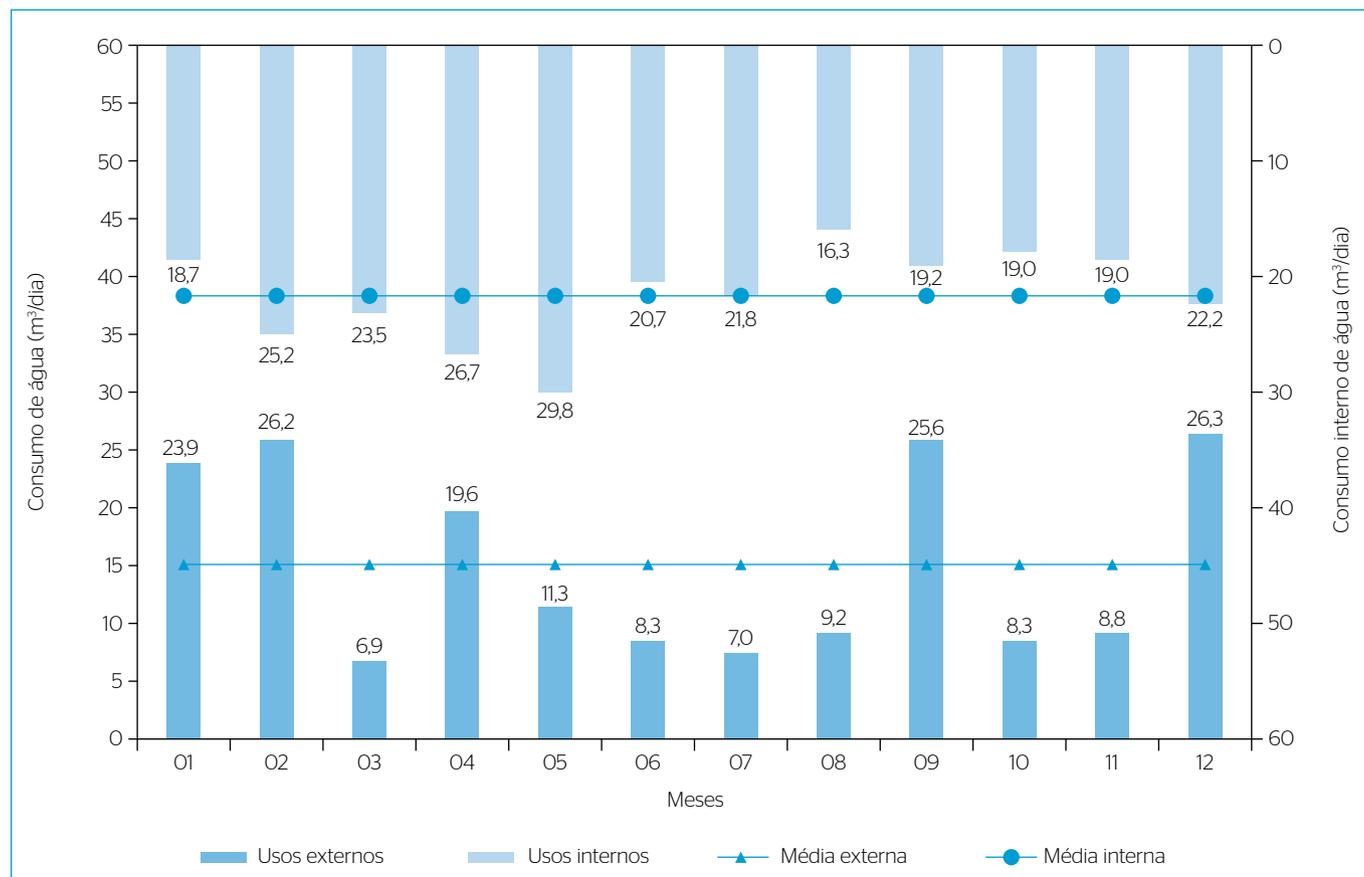


Figura 2 - Consumos de água médios diários internos e externos no HU, ano 2015-2016.

No entanto, para os usos potáveis, mesmo que a qualidade da água de chuva cumpra as exigências de consumo, deverão ser considerados custos de operação adicionais em sistema de tratamento, devido aos riscos decorrentes da incerteza de que essa qualidade seja constante no tempo.

Potencial de aproveitamento

Para diferentes tamanhos de reservatório, variando de 40 m³ (reservatório existente) a até 5.000 m³ (volume máximo de acumulação de água

no ano), foram avaliadas as variáveis de eficiência de abastecimento e de eficiência de aproveitamento de água de chuva. Cada ponto da demanda nas simulações representa um cenário de consumo analisado para cada uso e prazo, como apresentado no Quadro 2. Nota-se que, de acordo com as considerações do método, a máxima demanda avaliada é igual à disponibilidade de água máxima diária, $E_a = E_h$ (45,3 m³.dia⁻¹),

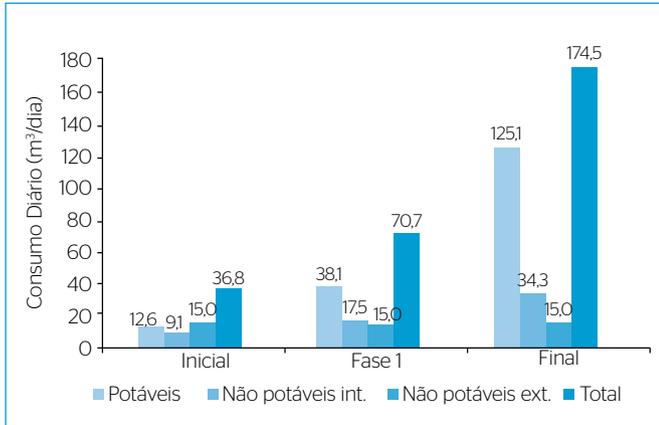


Figura 4 - Volumes de consumo internos segundo os usos para cada prazo.

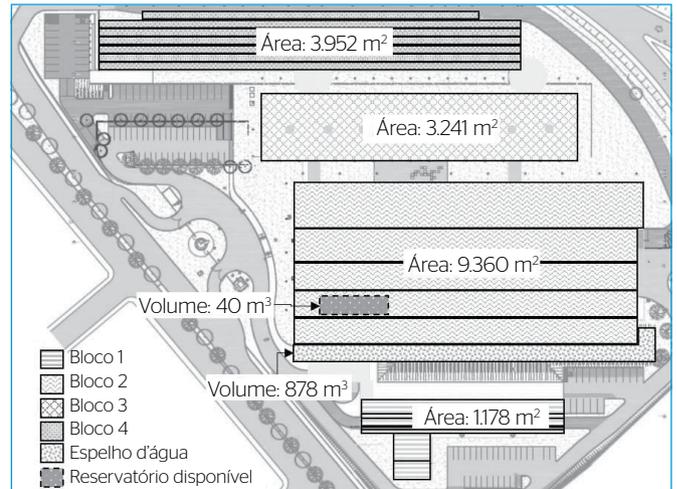


Figura 6 - Esquematização de coberturas e localização do reservatório disponível.

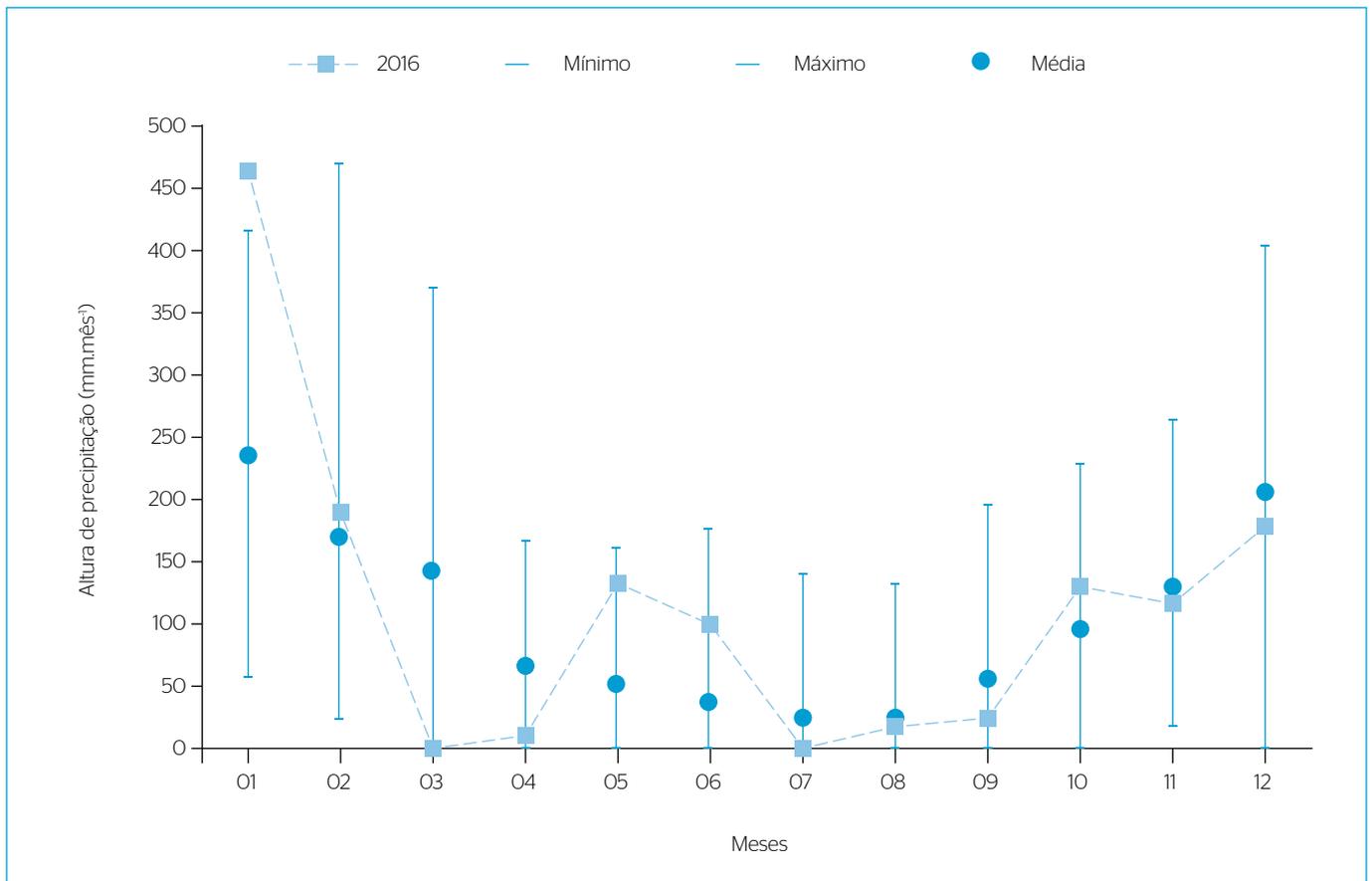


Figura 5 - Precipitação atmosférica mínima, máxima e média mensal dos dados registrados, e a precipitação registrada em 2016.

motivo pelo qual não foi avaliado o volume de aproveitamento para usos não potáveis na Fase Final.

A Figura 7 apresenta os cálculos de eficiência de abastecimento (E_a) e de eficiência de aproveitamento de água disponível (E_h) para os diferentes pontos de demanda e volumes de reservatórios. Como se pode observar, a eficiência de abastecimento e aproveitamento só apresenta uma variação de 71 a 77%, entre 40 e 1.000 m³ de tamanho do reservatório.

A máxima eficiência de aproveitamento encontra-se no ponto máximo da demanda considerada, neste caso 45,3 m³.dia⁻¹.

A diferença no potencial de aproveitamento de água entre o reservatório de 40 m³ existente e um reservatório de 5.000 m³ é de aproximadamente 2.400 m³ anuais, porém isso representa um aumento de somente 9% na eficiência de abastecimento, associada a uma infraestrutura que em termos financeiros e técnicos não poderia ser executada pelo HU.

Assim, os cálculos passaram a considerar o potencial de economia projetado com o emprego do reservatório de 40 m³ existente. Essa verificação permitiu estabelecer os seguintes potenciais de economia de

água: 95% do consumo externo (em todas as fases); 87% do consumo para fins não potáveis totais na Fase Inicial; e 79% ao final da Fase I, ou ainda 76% do consumo total na Fase Inicial.

Estimativa da economia da água com sistemas de aproveitamento de águas pluviais em relação às ações de conservação da água

A redução do consumo em banheiros foi analisada após a substituição dos aparelhos sanitários instalados pelos modelos apresentados no Quadro 3. As caixas para bacias sanitárias permanecem iguais porque atualmente já contemplam uma linha de baixo consumo.

A Figura 8 apresenta (em porcentagem) a economia que gera a substituição de aparelhos existentes no HU por economizadores. Segundo os dados de consumo a economia de água seria proporcional para os prazos futuros analisados.

Observa-se que, para o consumo atual, a implantação de aparelhos com novas especificações, de menor consumo de água, representa uma diminuição de 37% do consumo total dos banheiros. Nota-se que esse valor está abaixo dos 47% prevista por Gleick *et al.* (2003) como potencial de economia em banheiros. Essa diferença de 10% pode ser atribuída ao fato de que a conservação proveniente das bacias sanitárias não foi considerada, uma vez que as instalações existentes já são do tipo econômico.

Mediante as médias de evaporação calculadas do período entre 1970 e 2016, e o cálculo do volume de reposição de água no espelho d'água, em relação à sua área (1.464 m²), foi estimada uma média diária de consumo de 5,78 m³.dia⁻¹ para usos externos. Entretanto, foi constatada perda no espelho d'água de aproximadamente 7.500 m³ de água potável ao longo do ano de 2016. Nesse caso, deve haver perdas por vazamentos que precisam ser minimizadas.

Considerando-se que não foi possível estabelecer os consumos dos processos hospitalares no presente caso, o estudo usado como referência pode ajudar a fazer uma estimativa do potencial de economia, no entanto é importante notar que essas análises foram feitas em 2003 nos Estados Unidos e podem ser imprecisas em relação à tecnologia existente no ano de construção do HU (2007) no Brasil.

A Figura 9 apresenta o potencial de economia da água conseguido com a mudança de aparelhos sanitários e a otimização dos usos externos (espelho d'água).

Em termos de volume de economia anual da água, a Tabela 5 apresenta o potencial de conservação anual de água com as diferentes ações de gestão. Observa-se que o potencial de diminuição de consumo de água representa, na Fase Inicial, uma economia menor do que a obtida com a implantação do SAAP (15% a menos). No entanto, nos períodos correspondentes à Fase 1 e à Fase Final, a diminuição de consumo apresenta uma maior eficiência do que o SAAP, respectivamente, 17 e 99% a mais.

Tabela 4 - Volume de água de chuva mensal captável dos telhados por bloco.

	Bloco 2	Bloco 3	TOTAL
	m ³ .mês ⁻¹	m ³ .mês ⁻¹	m ³ .mês ⁻¹
Janeiro	2.255,9	781,1	3.037,0
Fevereiro	1.656,9	573,7	2.230,6
Março	1.386,3	480,0	1.866,3
Abril	637,0	220,6	857,5
Mai	528,0	182,8	710,8
Junho	345,8	119,7	465,5
Julho	271,6	94,0	365,6
Agosto	250,4	86,7	337,0
Setembro	545,4	188,8	734,3
Outubro	917,8	317,8	1.235,6
Novembro	1.247,2	431,8	1.679,0
Dezembro	1.983,5	686,8	2.670,3
Total	12.025,7	4.163,9	16.189,6

Quadro 2 - Pontos de demanda aviados segundo cenários propostos.

Cenário	Demanda m ³ .dia ⁻¹	Uso	Fase
1	15,0	Externos	Todas as fases
2	24,1	Não Potáveis	Inicial
3	32,5	Não Potáveis	Fase I
4	36,8	Total	Inicial
-	45,3	Água de chuva máxima disponível	
5	49,4	Não Potáveis	Final

A Figura 10 apresenta o consumo anual de água potável em cada situação analisada, o consumo de água potável com a economia da água de chuva, o consumo com a diminuição da demanda em banheiros, cozinha e processos hospitalares e, por último, a economia com a combinação de diminuição de consumo e aproveitamento de águas pluviais.

As ações de diminuição de consumo de água têm um impacto maior na conservação da água no prazo inicial e na finalização das ampliações da Fase I, visto que também estão incluídos os potenciais de economia no consumo da cozinha e os processos hospitalares, enquanto o SAAP pode atender a só uma proporção dos usos não potáveis, sendo os usos potáveis os de maior demanda no HU.

Para efeitos comparativos das demandas passíveis de determinação no HU (banheiros e usos externos), a Figura 11 apresenta os cenários de economia sem incluir o potencial de diminuição nos consumos da cozinha e nos processos hospitalares. Desse modo, verifica-se como o aproveitamento de águas pluviais representa maior potencial de economia para a demanda atual e na Fase I. No entanto, as ações de diminuição de consumo em banheiros e usos externos apresentam um maior impacto na conservação no final da projeção de consumo do HU.

A Tabela 6 apresenta o potencial de economia da água em relação ao consumo total da água atual e às projeções realizadas para a Fase I e para a Fase Final.

Os resultados obtidos ao longo deste trabalho evidenciaram alto potencial de economia da água na edificação, tanto pela resolução de problemas de vazamentos no espelho d'água, que deve ser priorizada, quanto pela facilidade de adoção de ações de conservação da água. Se fossem substituídos os aparelhos sanitários, realizado um controle de perdas da edificação e implantado o SAAP, seria possível ter redução de até 71% da vazão fornecida atualmente pelo sistema público de abastecimento. Embora a economia seja reduzida para 55 e 39% em

Quadro 3 – Especificações dos equipamentos sanitários economizadores*.

	REF./Marca	Vazão
Válvula de chuveiro	Ref. 1418-AV-BIO	15 L/min
Torneira de banca	Ref: 1180BIOPRESS	6 L/min
Válvula de descarga para mictório	Ref. 1417-AV-BIO	0,8 L/acionamento
Caixa de descarga sanitário	ECOLINE/Montana	6,8 L/acionamento

*Esses produtos podem ser substituídos por produtos equivalentes. Fonte: catálogos dos fabricantes.

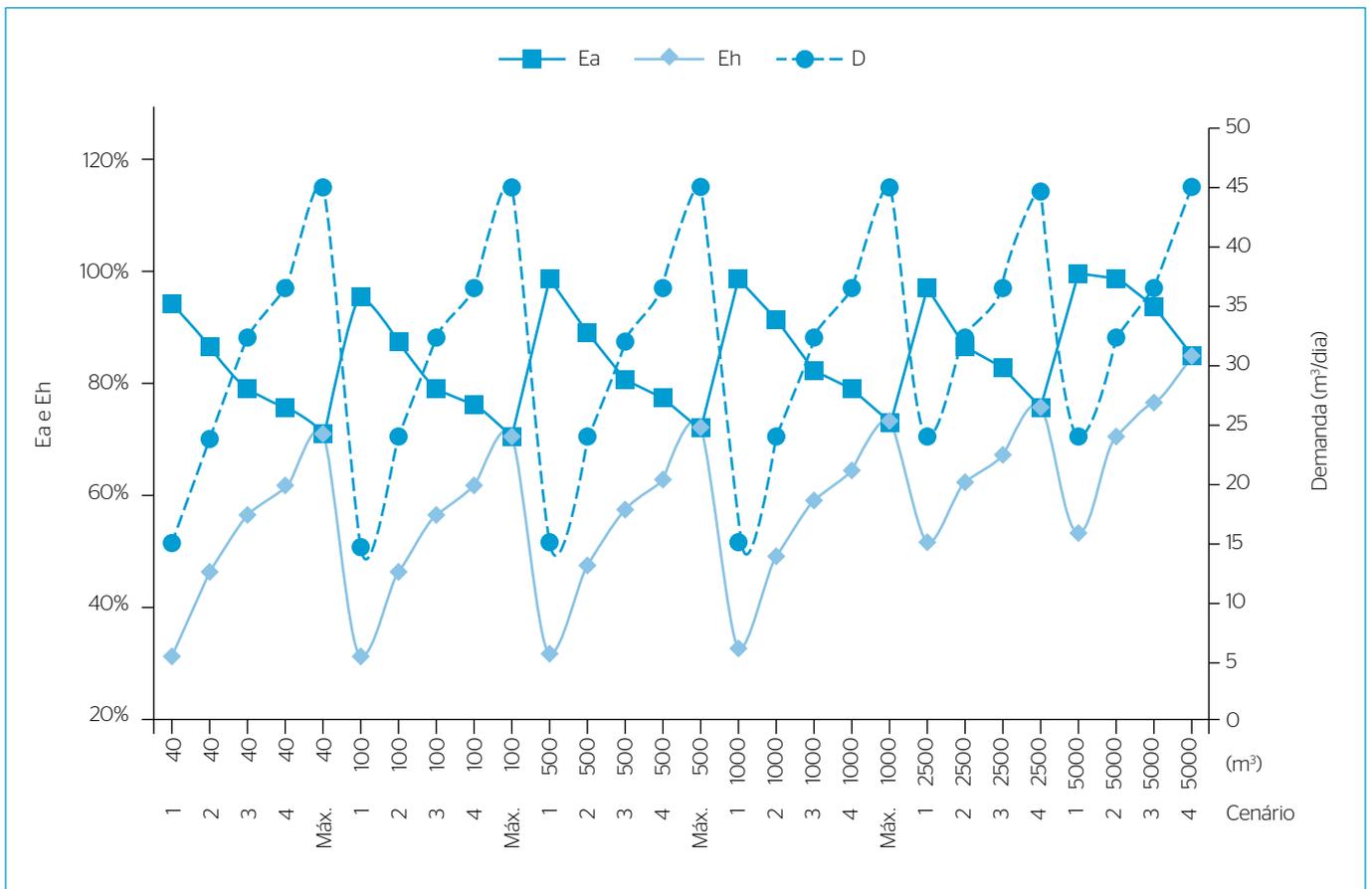


Figura 7 - Relação entre as E_a , E_h , demandas e tempos de amortização para diferentes volumes de reservatório e área de captação Blocos 2-3.

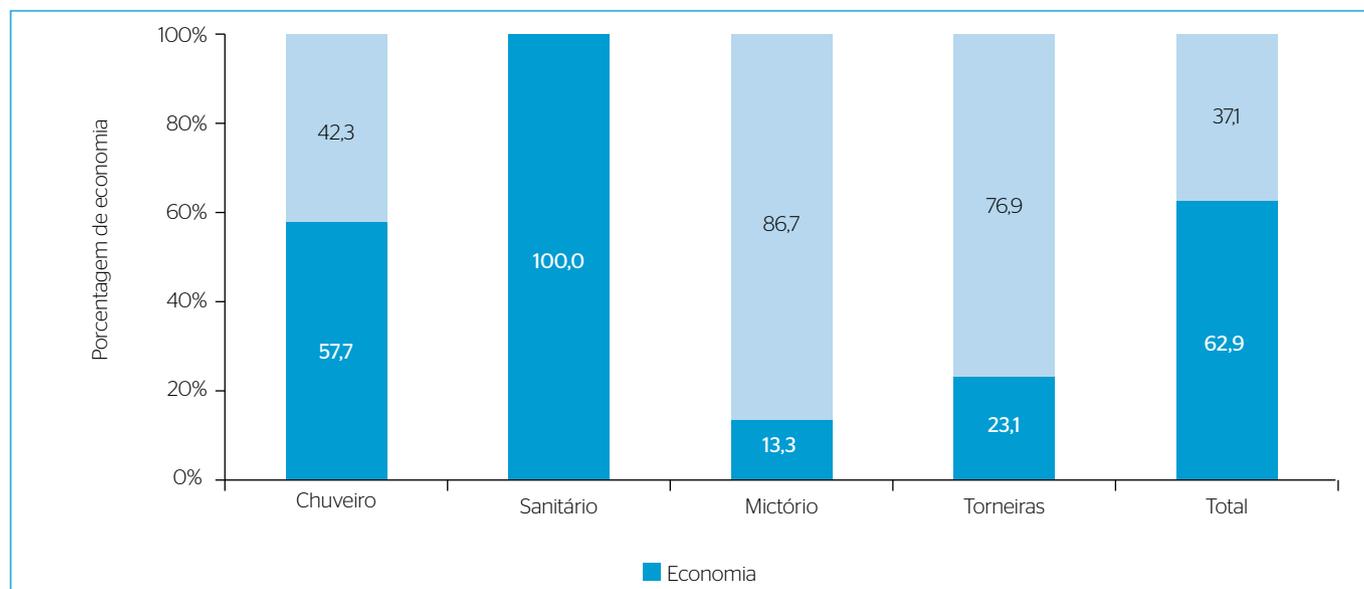


Figura 8 - Relação de consumo com aparelhos existentes e potencial de economia de água em banheiros.

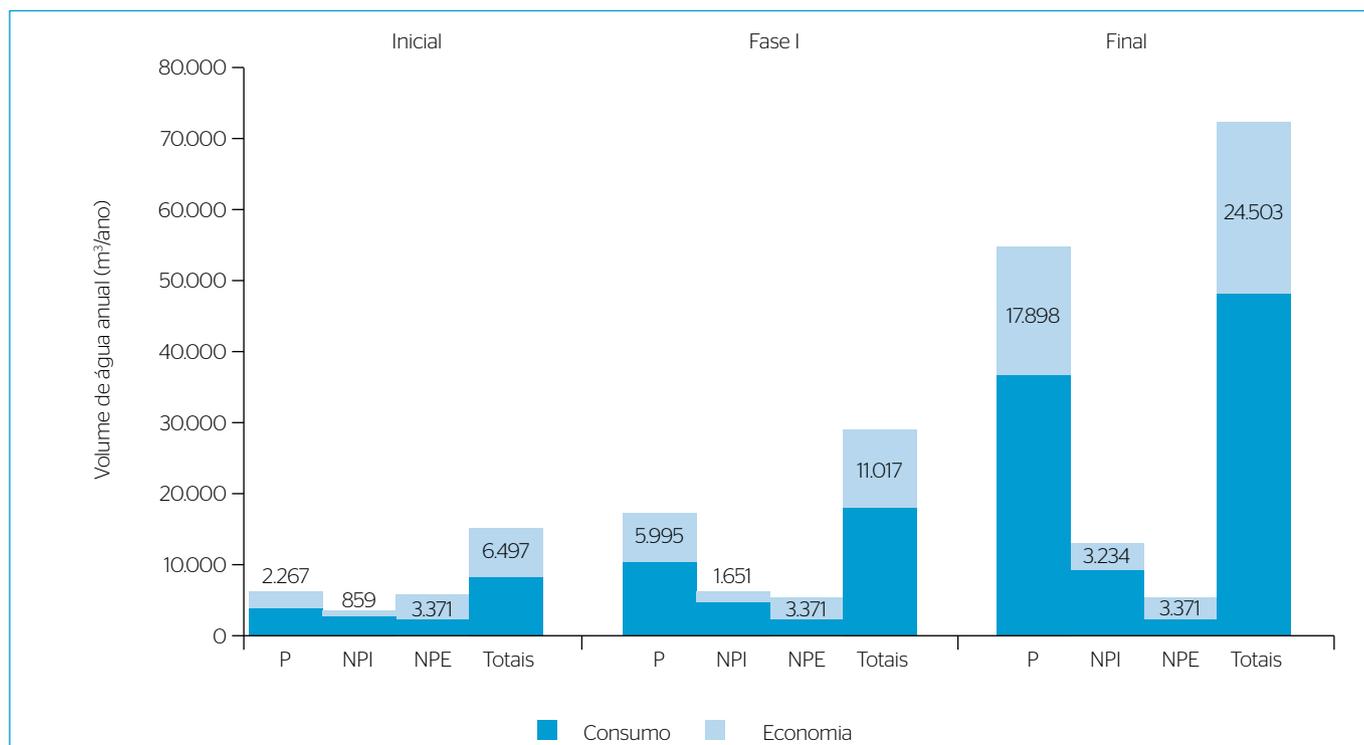


Figura 9 - Consumo de água anual com implementação das ações de conservação*.

Tabela 5 - Potencial de economia da água com redução de consumo ou aproveitamento.

Usos Finais	Potencial de Economia de Água					
	Conservação			SAAP		
	Atual	2018	Final	Atual	2018	Final
Cozinha	168	753	3.103	-	-	-
Banheiros potáveis	788	2.858	8.854	-	-	-
Banheiros não potáveis	859	1.651	3.234	2.893	5.066	8.558
Processos	1.311	2.384	5.942	-	-	-
Espelho d'água	3.371	3.371	3.371	4.767	4.343	3.746
Total	6.497	11.017	24.503	7.660	9.409	12.304

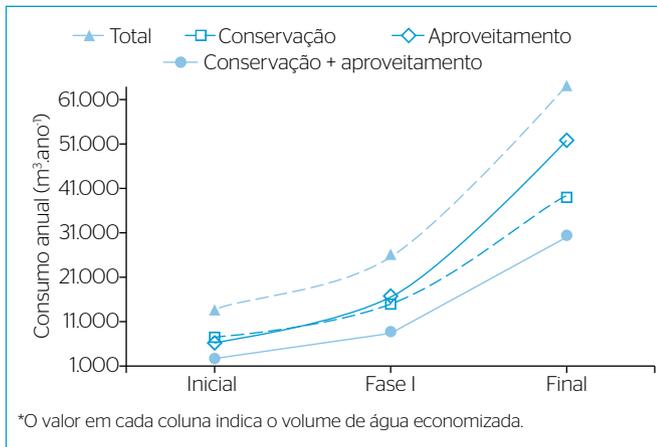


Figura 10 – Consumo de água para os diferentes cenários de conservação e prazo analisado.

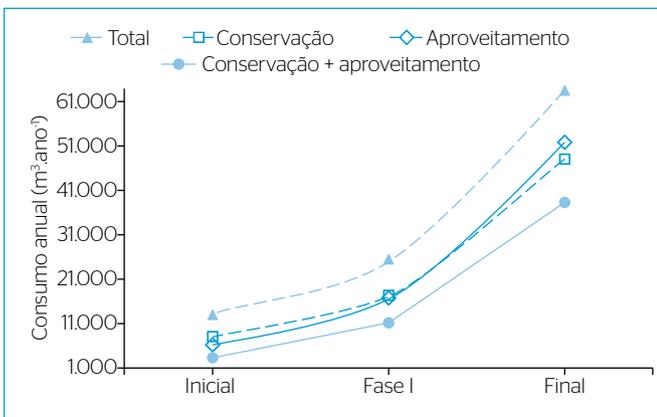


Figura 11 – Consumo de água para os diferentes cenários de conservação, em banheiros e externos, para cada prazo analisado.

Tabela 6 – Consumo de água no hospital universitário com os diferentes cenários de conservação da água, para cada fase analisada.

Consumo	Inicial	Fase 1	Final
Conservação	37%	31%	24%
SAAP	57%	36%	19%
Conservação + aproveitamento	71%	55%	39%

cenários de consumo futuros, estes ainda são valores significativos, justificando a adoção do gerenciamento estratégico da água, com os consequentes benefícios financeiros para o estabelecimento hospitalar e os impactos positivos em termos de exemplo de conservação dos recursos hídricos.

CONCLUSÕES

A classificação dos usos em potáveis, não potáveis internos e não potáveis externos permitiu estabelecer metas diferenciadas para a gestão da água de abastecimento no estabelecimento estudado. O uso potável mostrou-se cada vez mais significativo nas três etapas de implantação do HU consideradas. Os valores foram de 34, 54 e 72%, respectivamente, mesmo considerando-se o uso em descargas de bacias sanitárias como não potável (o que pode ser objeto de alguma discussão).

O estudo sobre o aproveitamento da água pluvial apenas para uso não potável (externo e interno) permitiu estabelecer um potencial de economia de água de 70, 66 e 58% da água para esse tipo de uso, ou seja, entre 6.200 e 10.100 m³ anuais de água. Esses resultados consideraram o uso do reservatório de 40 m³ disponível atualmente na edificação, com a captação de água pluvial nos telhados dos Blocos 2 e 3. Economias maiores poderiam ser obtidas com reservatórios de maior volume, mas os ganhos de eficiência de abastecimento (menos de 10%) não seriam significativos.

O potencial de economia de água com ações de conservação, como a mudança de tecnologias comuns por tecnologias economizadoras, como é o caso dos aparelhos sanitários, permitiu estabelecer uma diminuição de consumo total (usos internos potáveis e não potáveis) de 37% na Fase Inicial, de 31% na Fase I e de 24% na Fase Final, enquanto a eficiência que apresenta o SAAP seria de 57, 36 e 19%, respectivamente. Assim, o SAAP apresenta um potencial de economia de água maior para a Fase Inicial e para a Fase I, invertendo-se a situação na Fase Final. A adoção conjunta das duas iniciativas, por sua vez, poderia alcançar uma economia de até 39% no final de projeto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). (1989) *NBR 10.844: Instalações prediais de águas pluviais*. Brasil: ABNT.

_____. (2007) *NBR 15.527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos*. Brasil: ABNT.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. (2015) *Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana*. 2. ed Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

BRASIL. (1994) Ministério da Saúde. *Portaria Nº 1.884 GM, de 11 de novembro de 1994*. Brasil.

CABELL BRAND CENTER. (2009) *Virginia Rainwater Harvesting Manual*. Virginia: Cabell Brand Center.

CAMPOS-ARANDA, D. F. (2008) Calibration of the rational method in eight rural watersheds under 1,650 km² of the hydrological region No. 10 (Sinaloa), México. *Agrociencia*, v. 10, n. 6, p. 615-627.

CHOW, V. T. (1994) *Hidraulica de Canales Abiertos*. Bogotá: McGraw-Hill.

DALESSANDRO, D.; TEDESCO, P.; REBECCHI, A.; CAPOLONGO, S. (2016) Water use and water saving in Italian hospitals. A preliminary investigation. *Annali dell'Istituto Superiore di Sanità*, v. 52, n. 1, p. 56-62. https://doi.org/10.4415/ANN_16_01_11

GLEICK, P.H.; HAASZ, D.; HENGES-JECK, C.; SRINIVASAN, V.; WOLFF, G.; CUSHING, K.K.; MANN, A. (2003) *Waste Not, Want Not: The Potential for Urban Water Conservation in California*. California. Disponível em: <https://pacinst.org/wp-content/uploads/2013/02/waste_not_want_not_full_report1.pdf>. Acessado em: 07 mar. 2017.

LIMA, L. C. (2007) *Uso doméstico da água em hospitais: Estudo de caso do hospital das Clínicas da UNICAMP*. Campinas: UNICAMP.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. dos. (2003) *Reúso de água*. São Paulo: Manole.

MAY, S. (2004) *Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo não Potável em Edificações*. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

MITCHELL, V.G.; MCCARTHY, D.T.; DELETIC, A.; FLETCHER, T.D. (2008) Urban stormwater harvesting - sensitivity of a storage behaviour model. *Environmental Modelling and Software*, v. 23, n. 6, p. 782-793. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2007.09.006>

MORUZZI, R.B.; GARCIA, M.L.; OLIVEIRA, S.C. (2012) A Proposal for Reservoir Volume Calculation in Rainwater Harvesting Systems. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, v. 6, n. 6, p. 707-714.

NHS. (2009) *Saving Carbon, Improving Health: NHS Carbon Reduction Strategy for England*. NHS, 75 p. Disponível em: <http://www.sdu.nhs.uk/documents/publications/1237308334_qyIG_saving_carbon_improving_health_nhs_carbon_reducti.pdf>. Acesso em: 16 set. 2019.

OLIVEIRA, L.H.; GONÇALVES, O.M. (1999) Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios. *Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP*, p. 16. Disponível em: <http://www.sef.usp.br/wp-content/uploads/sites/52/2015/08/PUERHE_%C3%81gua-BT_Oliveira.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2017.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). (2009) *Healthy hospitals, healthy planet, healthy people: addressing climate change in healthcare settings*. Disponível em: <http://www.who.int/globalchange/publications/climatefootprint_report.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2017.

OERTLÉ, E.; STEIGER, O.; MUTZ, D.; WAZNER, M. S., G., C., K., Z., N., A., S., A. S., A., A. S. e M., M. (2010). Best environmental practices in the healthcare sector - a guide to improve your environmental performance. Switzerland: FHNW, SBA, RSS, SECO.

ROSTAD, N.; FOTI, R.; MONTALTO, F.A. (2016) Harvesting rooftop runoff to flush toilets: Drawing conclusions from four major U.S. cities. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 108, p. 97-106. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.01.009>

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA) (2012) *Saving Water in Hospitals*. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-01/documents/ws-commercial-factsheet-hospitals.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2017. VICTORIAN GOVERNMENT DEPARTMENT OF HEALTH. (2009) *Guidelines for Water Reuse and Recycling in Victorian Health Care Facilities*. Melbourne: Victorian Government Department of Health.