SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

# POTENCIAL DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E DO REÚSO DE ÁGUA CINZA EM EDIFICAÇÕES DE ESCRITÓRIOS EM BRASÍLIA-DF

## Potential rainwater harvesting and greywater reuse in office buildings in Brasilia, Brazil

**Daniel Richard Sant'Ana [1]; Miguel Leo Salomon de Almeida Pereira [2]; Livia Ferreira Santana [3]**

Recebido em 11 de junho de 2023, aprovado em 18 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

**Palavras-chave:**

Usos finais de água
Aproveitamento de água de chuva
Reúso de água cinza
Análise econômica
Edificações de escritórios

**Keywords:**

Water end use
Rainwater harvesting
Greywater reuse
Economic analysis
Office buildings

**RESUMO**: Este trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade de sistemas de aproveitamento de água de chuva e de reúso de águas cinzas em edificações de escritórios no em Brasília-DF. Para tanto, esta pesquisa incorporou metodologias quantitativas e qualitativas para compor modelos representativos e, com isso, verificou o potencial de redução do consumo de água e os benefícios gerados na escala da edificação e na escala da cidade. Em geral, sistemas de reúso de água cinza apresentaram melhores benefícios ambientais e financeiros que sistemas de aproveitamento de água de chuva. Porém, ao utilizar ambas tecnologias de forma complementar, são capazes de promover economias equivalentes a 851 m³ por edificação por ano, o que representaria uma redução na demanda urbana de água de 85.983,32 m³/ano e nas despesas de exploração a R$ 442.814,10 ao ano.

**ABSTRACT**: The main objective of this paper was to carry out a comparative analysis of the feasibility of rainwater harvesting and greywater reuse systems in office buildings in Brasilia, Brazil. Therefore, this research incorporated quantitative and qualitative methodologies to compose representative models to estimate their potential for potable water savings and verify the costs and benefits generated at the building scale and at the city scale. Overall, greywater reuse systems presented better environmental and financial benefits than rainwater harvesting systems. However, by using both technologies in a complementary way, it is possible to promote higher water savings, equivalent to 851 m³ per office building per year, which would represent a reduction in urban water demand of 85,983.32 m3/year and in exploration expenses at R$ 442,814.10 ($ 81,552.59 USD; € 80,079.08 EURO) per year.

**CONTATO DOS AUTORES:**

[1] **SANT'ANA, Daniel Richard**: Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, dsantana@unb.br.
[2] **PEREIRA, Miguel Leo Salomon de Almeida**: Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, miguel.leo.pereira@gmail.com.
[3] **SANTANA, Livia Ferreira**: Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Instituto Federal de Goiás, livia.santana@ifg.edu.br.

## 1 INTRODUÇÃO

O Distrito Federal vivenciou uma crise hídrica sem precedentes em sua história. A seca de 2016 reduziu drasticamente os níveis dos principais reservatórios do Distrito Federal, fazendo com que a Barragem do Descoberto, que abastece cerca de 65% da região, chegasse a menos de 20% de sua capacidade (ADASA, 2016). Como uma medida emergencial, iniciou-se um regime de racionamento por rodízio de abastecimento em todas as regiões do Distrito Federal e de reestruturação tarifária por contingência fiscal em momentos de crise no abastecimento, até que se alcance um nível satisfatório de água nos reservatórios para garantir a segurança hídrica da região (CAESB, 2016). Estas medidas de curto prazo, são paliativas ao verdadeiro problema sendo enfrentado. A realidade, é que o Distrito Federal apresenta uma disponibilidade hídrica limitada para sua crescente demanda por água.

Observa-se, entretanto, que a gestão dos recursos hídricos no Distrito Federal está focada em uma abordagem voltada para a oferta de água. Ou seja, na medida em que a demanda cresce, novas fontes hídricas são exploradas para suprir o consumo urbano de água. Está comprovado que a gestão focada apenas na exploração de fontes hídricas pode resultar em sérios danos ambientais e desperdício econômico de custo capital e operacional de novos sistemas produtores de água (HERRINGTON, 2006). Torna-se imprescindível, neste momento, estimular a conservação de água pelo emprego de medidas que auxiliem o controle da demanda urbana de água. Além de reduzir os impactos ambientais causados pela exploração de recursos naturais, estratégias conservadoras de água são capazes de minimizar a pressão em sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, além de gerar economias relativas aos seus custos operacionais.

Sistemas prediais de água não potável fazem uso de fontes alternativas de água promovendo um abastecimento alternativo em usos que não oferecem riscos à saúde humana em edificações. Dentre diferentes fontes alternativas para abastecimento não potável, destaca-se a água de chuva e a água cinza. Se realizado em larga escala, o aproveitamento de água de chuva ou o reúso de águas cinzas em edificações podem ser capaz de promover reduções significativas na demanda urbana de água e, consequentemente, nas despesas de exploração de recursos hídricos. Tendo essas questões em mente, o principal objetivo desta pesquisa foi de realizar uma análise de viabilidade de sistemas de aproveitamento de água de chuva e de reúso de águas cinzas em edificações de escritórios no Distrito Federal, verificando seus benefícios econômicos e ambientais dentro da microescala (edificada) e da macroescala (urbana).

## 2 MÉTODO

Com o intuito de atingir o objetivo traçado, esta pesquisa incorporou metodologias quantitativas e qualitativas para a coleta de dados primários de edificações de escritório do Distrito Federal e, com isso, compor modelos representativos baseados em medianas estatísticas para as análises de viabilidade técnica, ambiental e econômica de sistemas de aproveitamento de água de chuva e de reúso de água cinza. O levantamento quantitativo fez uso de: i) questionários direcionados a proprietários/gestores, para coletar informações relativas às atividades desenvolvidas e padrões de ocupação da edificação (população fixa e população flutuante); ii) sensoriamento remoto para medições das áreas (construída, de cobertura, verde e lote); e iii) dados históricos do consumo predial faturado pela concessionária local referentes aos anos de 2013 a 2017. Em geral, o levantamento

quantitativo obteve uma amostragem aleatória estratificada de 101 edifícios de escritórios localizados nos Setores Comerciais (SCN e SCS), Bancários (SBN e SBS), de Autarquias (SAUN e SAUS), de Administração Federal Sul (SAFS), de Grandes Áreas Sul (SGAS), de Edifícios Públicos (SEPN e SEPS), de Rádio e TV (SRTVN e SRTVS) e de Indústrias Gráficas (SIG), bem como nas entre quadras comerciais do Plano Piloto (EQN), conforme ilustrado na Figura 1.

**Figura 1 – Distribuição espacial das regiões de coleta de dados primários.**




Fonte: Adaptado do Geoportal – SEGETH (2019)

O levantamento qualitativo foi desenvolvido por meio de uma auditoria do consumo de água, para caracterizar os usos-finais do consumo de água em um edifício de escritórios típico de Brasília localizado no Setor Bancário Sul. O levantamento qualitativo se apropriou de diferentes técnicas de auditoria de consumo de água, realizando medições gerais, medições específicas, diários de anotações, registros fotográficos, questionários e observações *in-loco* para caracterizar os usos-finais de água. Um fator de correção obtido pela razão entre o consumo diário médio faturado (obtido pelo levantamento quantitativo) e o consumo médio diário estimado (obtido pelo levantamento qualitativo) foi aplicado aos indicadores de usos-finais de água para que a sua somatória fosse mais próxima da realidade observada (Equação 1).

$$F_c = \frac{\overline{D}_{fat}}{\overline{D}_{est}} \quad \text{(Eq. 1)}$$

Sendo:
$F_c$= Fator de Consumo
$\overline{D}_{fat}$= Consumo médio faturado (L/d)
$\overline{D}_{est}$= Consumo médio estimado (L/d)

Com os dados primários referentes ao número de pessoas, área construída, área verde, área de cobertura e indicadores de usos finais de água presentes nos modelos representativos de cada tipologia não-residencial, o potencial de redução do consumo de água dos sistemas de aproveitamento de água de chuva e reúso de águas cinzas puderam ser estimados baseados em simulações de oferta e demanda de água. Em sistemas de aproveitamento de água de

chuva, foram realizadas simulações baseadas em intervalos de tempo diários usando um modelo comportamental com a regra operacional 'uso após extravasão' (*yield after spillage*) para identificar as economias geradas por diferentes capacidades de reservatórios (FEWKES, 2000). No que se diz respeito ao potencial de redução do consumo de água pelo reúso de águas cinzas, um balanço entre a oferta e a demanda de água cinza foi realizado, conforme resultados obtidos no levantamento dos usos-finais do consumo predial de água de chuveiros e lavatórios.

Com base nos modelos representativos, o potencial de redução do consumo de água para cada estratégia analisada foi projetado à escala urbana. Como ponto de partida, foi identificado o número de edificações de escritório existentes em Brasília por meio de sensoriamento remoto. Em seguida, dados de consumo faturado do ano de 2016 foram obtidos pela concessionária local e, com isso, foi possível verificar o consumo base (*baseline*) médio em metro cúbico de água consumida por edificação por ano. Por último, para averiguar os benefícios ambientais gerados pelos diferentes sistemas analisados, foi estimado o potencial de redução de exploração de recursos hídricos baseando-se nos resultados das simulações obtidos para cada modelo representativo.

Considerando o potencial de redução do consumo de água potável encontrado para cada sistema, a viabilidade econômica foi identificada usando *payback* (Equação 2), análise de custo de vida útil (Equação 3) e custo incremental médio (Equação 4). Ao projetar a aplicação de sistemas de aproveitamento de água de chuva e de reúso de águas cinzas em larga escala, podemos nos deparar com um cenário em que as reduções no volume de extração de água podem promover economias relativas às despesas no tratamento de água potável e esgoto sanitário. Com isso em mente, averiguou-se as economias geradas em função das reduções das despesas de exploração de água (DEX = R$ 5,15 por m³ de água e esgoto tratado) de recursos hídricos locais.

$$PB = \frac{K}{[\sum_{1}^{12}(E_a \times C_{ae})] - C_o} \quad \text{(Eq. 2)}$$

Sendo:
$PB$ = Payback (anos)
$K$ = Custo capital de investimento (R$)
$E_a$ = Economia de água mensal (m³)
$C_{ae}$ = Custo de água e esgoto mensal (R$/m³)
$C_o$ = Custo operacional anual (R$)

$$ACVU = -K_0 + \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \quad \text{(Eq. 3)}$$

Sendo:
$ACVU$ = Análise de Custo de Vida Útil (R$)
$K_0$ = Custo capital no ano zero (R$)
$B_t$ = Benefícios no ano, $t$ (R$/ano)
$C_t$ = Custos no ano, $t$ (R$/ano)
$i$ = Taxa de juro anual (%)
$n$ = Vida útil (anos)

$$CIM = -\left[\frac{K - B + C_o}{E_a}\right] \quad \text{(Eq. 4)}$$

Sendo:
$CIM$ = Custo incremental médio (R$/m³)
$K$ = VPL do custo capital (R$)
$B$ = VPL dos benefícios (R$)
$C_o$ = VPL dos custos operacionais (R$)
$E_a$ = Economia de água total (m³)

## 3 RESULTADOS

A área construída dos edifícios analisados variou entre 868 e 72.226 m², apresentando valor médio equivalente a 12.500 m², com área de cobertura de 1.422 m². Os três maiores edifícios pesquisados foram os edifícios sede do DNIT, Caixa Econômica Federal e Correios, com uma média de mais de 60.000 m². Entre os cinco menores edifícios pesquisados, com menos de 2.500 m², quatro encontravam-se no Setor Comercial Sul. A população fixa dos edifícios analisados variou entre 15 e 3.504, enquanto a população flutuante apresentou valores de 5 a 4.000 pessoas. Em média, cada edifício possui população fixa igual a 450 pessoas com uma população flutuante de 700 pessoas, totalizando uma população média de 1.150 pessoas por dia. Comparando a população e a área construída de cada edifício, calculou-se que, em média, cada edifício apresenta um fluxo de pessoas igual a 0,07 pessoas por metro quadrado de área construída.

**Figura 2 – Edificação de escritórios selecionado para o levantamento qualitativo.**



Fonte: Google Street View (2019)

O consumo de água anual médio nos prédios analisados variou entre 313 e 46.554 m³/ano. Em média, cada edifício avaliado consumiu 5.139 m³/ano, que equivale a cerca de 428 m³/mês. Para estimar o indicador de consumo per capita nas edificações de escritórios foi considerado apenas a população fixa (funcionários). O consumo diário per capita analisados variou de 10 a 368 litros/pessoa/dia. Em média, o consumo per capita foi de 31 litros/pessoa/dia. Ao comparar o consumo de água à área construída dos edifícios de escritórios analisados obtivemos um valor médio equivalente a 1,1 litros/m²/dia.

Para fins dessa pesquisa, foi selecionado uma edificação de escritórios para um estudo de caso aprofundado dos usos finais de água. O edifício de escritórios analisado encontra-se localizado no Setor Bancário Sul (Figura 2). O edifício possui área construída igual a 20.262 m$^2$. A partir da análise dos projetos de arquitetura, foi possível verificar que os quatro subsolos possuem individualmente 2.763 m², totalizando cerca de onze mil metros quadrados (mais da metade da área construída nesse estudo de caso). Somando as áreas de cobertura da torre de escritórios e das sobrelojas, foi obtido o valor de 1.355 m² em projeção horizontal, o que corresponde a 5% da área construída.

**Tabela 1 – Vazão, tempo, frequência, consumo e indicador por uso final de água.**

| Usos Finais | Vazão | Tempo | Frequência | Consumo | Indicador |
|---|---|---|---|---|---|
| Lavatório | 0,11 L/s | 9 s | 2711 n/d | 2.821 L/d | 2,87 L/p/d |
| Chuveiro | 0,15 L/s | 260 s | 1 n/d | 39 L/d | 0,04 L/p/d |
| Bacia Sanitária | 3/6 Lpf | --- | 2.283 n/d | 13.229 L/d | 13,5 L/p/d |
| Mictório | 1,2 Lpf | --- | 725 n/d | 1.034 L/d | 1,1 L/p/d |
| Pia de Cozinha | 0,13 L/s | 12 s | 1.548 n/d | 2.489 L/d | 2,5 L/p/d |
| Bebedouros | 0,04 L/s | 43 s | 617 n/d | 1.074 L/d | 1,1 L/p/d |
| Torneira de Uso Geral | 0,17 L/s | 59 s | 25 n/d | 251 L/d | 0,1 L/m$^2$/d |
| Ar Condicionado | --- | --- | --- | 403 L/d | 0,02 L/m$^2$/d |

L/s = litro por segundo; Lpf = litro por fluxo; s = segundo; n/d = número de vezes por dia de uso; L/d = litro por dia; L/p/d = litro por pessoa por dia; L/m$^2$/d = litro por metro quadrado por dia

A edificação de escritórios apresentou um consumo predial equivalente a 7.794 m$^3$/ano (média de 649,5 m$^3$/mês), com um indicador per capita de 21,8 litros/pessoa/dia e indicador por área equivalente a 1,05 litros/m$^2$/dia. A Tabela 1 apresenta um resumo dos resultados obtidos durante a auditoria do consumo de água no centro empresarial. Descarga sanitária em bacias sanitárias e mictórios apresentaram o maior consumo da edificação (63,2%) seguido de lavatórios (13,5%) e pia de cozinha (11,9%). bebedouros (5,1%) e limpeza de ambientes (1,2%) apresentaram os menores índices de consumo de água. Para a simulação do potencial de redução do consumo de água potável pelo aproveitamento de água de chuva e reúso de água cinza, um fator de correção de 0,66 aos índices de usos finais de água.

A Figura 3 apresenta o resultado da simulação realizada para estimar o potencial de redução do consumo de água potável pelo aproveitamento de água de chuva em irrigação, lavagem de pisos, descarga sanitária e sistema de ar condicionado. O aproveitamento de água de chuva em descarga sanitária (bacia sanitária e mictório) demonstrou-se tecnicamente inviável, pois não há área de cobertura suficiente para suprir a demanda de água necessária. A economia de água potável pelo aproveitamento de água de chuva em sistemas de ar condicionado chegou a 42 m³/ano com uma cisterna de até 7 m³ em sistemas de ar condicionado, em irrigação e lavagem de pisos chegou a 130 m³/ano com uma cisterna de até 70 m³ e em sistemas de ar condicionado, irrigação e lavagem de pisos até 146 m³/ano com um volume de cisterna de até 60 m³.

A Figura 4 apresenta o resultado da simulação da redução do consumo de água potável pelo reúso de águas cinzas em irrigação, lavagem de pisos, descarga sanitária e sistema de ar condicionado. Verificou-se que a oferta de água cinza de lavatórios e chuveiros (1.999 litros/dia) foi capaz de atender com uma demanda anual em descarga sanitária equivalente a 3.639 m³/ano, a oferta de água cinza foi capaz de atender a apenas 19,8% da demanda anual (720 m³/ano).

**Figura 3 – Análise do potencial de redução do consumo de água pelo aproveitamento de água de chuva.**

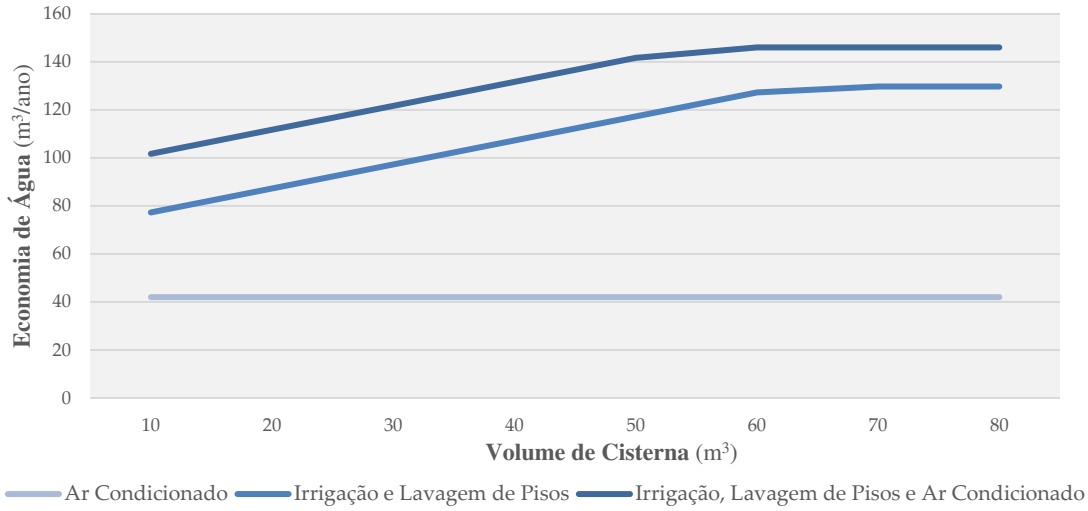
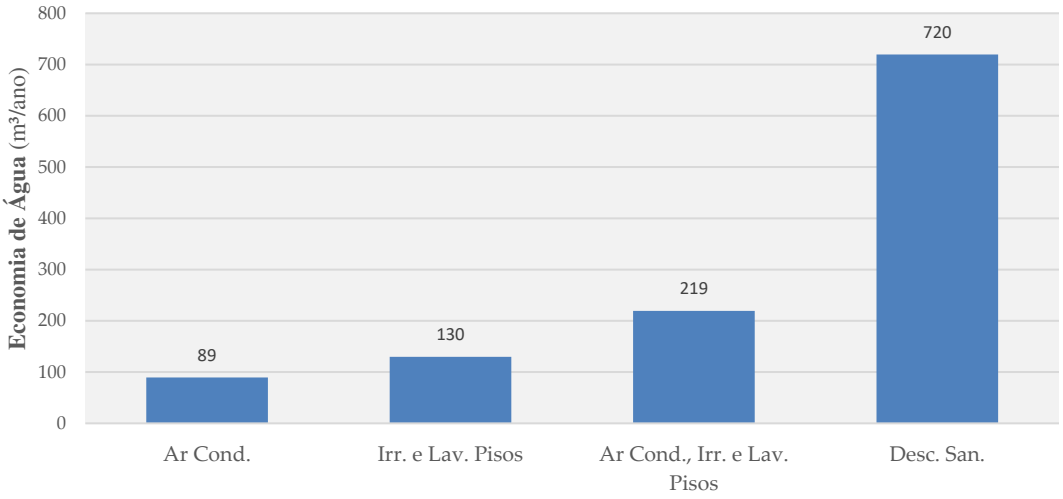



**Figura 4 – Análise do potencial de redução do consumo de água pelo reúso de água cinza.**




Os resultados da análise de viabilidade econômica para sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações de escritórios mostraram que o sistema é viável para os usos em sistemas de ar condicionado (cisterna de 5 $m^3$), uso em irrigação e lavagem de pisos (cisternas de até 30$m^3$) ou uso combinado (cisternas de até 40$m^3$), com economias chegando a 131,72 $m^3$/ano, valores de investimento até R$ 52.877,00 e retorno financeiros de até R$ 28.545,03, dependendo do tipo de sistema a ser instalado (Tabela 2).

**Tabela 2 – Análise de viabilidade econômica de sistemas de aproveitamento de água de chuva.**

| Cisterna ($m^3$) | Economia ($m^3$/ano) | Benefício (R$/ano) | Capital (R$) | Payback (ano) | ACVU (R$) | CIM (R$/$m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Aproveitamento em Sistemas de Ar Condicionado** | | | | | | |
| 5 | 40 | 987,96 | 8.360,20 | 13 | 4.112,20 | 3,43 |
| 10 | 42 | 1.036,11 | 13.890,20 | 20 | -473,91 | -0,38 |
| **Aproveitamento em Irrigação e Lavagem de Pisos** | | | | | | |
| 10 | 77,29 | 1.912,24 | 13.890,20 | 9 | 16.698,54 | 7,20 |
| 20 | 87,29 | 2.159,64 | 25.194,00 | 14 | 10.243,89 | 3,91 |
| 30 | 97,29 | 2.407,04 | 35.414,00 | 17 | 4.873,03 | 1,67 |
| 40 | 107,29 | 2.654,44 | 52.877,00 | 23 | -7.740,82 | -2,40 |
| 50 | 117,29 | 2.901,84 | 65.377,00 | 26 | -15.391,67 | -4,37 |
| 60 | 127,29 | 3.149,24 | 77.877,00 | 28 | -23.042,52 | -6,03 |
| 70 | 129,76 | 3.210,27 | 90.377,00 | 32 | -34.346,31 | -8,82 |
| **Aproveitamento em Ar Condicionado, Irrigação e Lavagem de Pisos** | | | | | | |
| 10 | 101,72 | 2.516,64 | 13.890,20 | 6 | 28.545,03 | 9,35 |
| 20 | 111,72 | 2.764,04 | 25.194,00 | 10 | 22.090,38 | 6,59 |
| 30 | 121,72 | 3.011,44 | 35.414,00 | 13 | 16.719,53 | 4,58 |
| 40 | 131,72 | 3.258,84 | 52.877,00 | 18 | 4.105,68 | 1,04 |
| 50 | 141,72 | 3.506,24 | 65.377,00 | 21 | -3.545,17 | -0,83 |
| 60 | 146,06 | 3.613,44 | 77.877,00 | 24 | -13.944,02 | -3,18 |

A instalação de sistemas de reúso de água cinza em edificações de escritórios provou ser viável em todos os cenários de usos não potáveis analisados (Tabela 3). Verificou-se que o reúso de água cinza em descargas sanitárias foi capaz de promover o melhor benefício financeiro, com um custo capital no valor de R$ 26.900,00, payback de apenas 2 anos e um valor presente líquido de R$ 315.121,22 durante a vida útil do sistema. Ou seja, o reúso de água cinza em descargas sanitárias é capaz de promover economias de R$14,60 para cada metro cúbico de água economizada.

**Tabela 3 – Análise de viabilidade econômica de sistemas de reúso de água cinza**

| Reúso de Água Cinza (Usos não potáveis) | Economia ($m^3$/ano) | Benefício (R$/ano) | Capital (R$) | Payback (ano) | ACVU (R$) | CIM (R$/$m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ar Condicionado | 89,49 | 2.213,86 | 26.330,00 | 14 | 10.141,32 | 3,78 |
| Irrigação e Lavagem de Piso | 129,76 | 3.210,27 | 26.430,00 | 9 | 29.571,29 | 7,60 |
| Ar Cond., Irrigação e Lavagem Pisos | 219,25 | 5.424,13 | 26.430,00 | 5 | 72.964,00 | 11,09 |
| Descarga Sanitária | 719,60 | 17.802,79 | 26.900,00 | 2 | 315.121,22 | 14,60 |

Para analisar o potencial de exploração dos recursos hídricos pelo aproveitamento de água de chuva e o reúso de água cinza em edificações de escritório, o potencial de redução do consumo de água de cada sistema analisado foi projeto à escala urbana considerando o número de edificações de escritórios presentes em Brasília (Tabela 4). Em geral, projeções de reduções na demanda de água pelo aproveitamento de água de chuva em sistemas de ar condicionado, irrigação e lavagem de pisos apresentaram os maiores índices (2,6%), podendo chegar a 13.304 $m^3$/ano, o que representa uma redução na vazão de exploração a aproximadamente 0,4 litros por segundo (L/s). Com isso, verificamos uma redução nas despesas de exploração chegando a R$ 68.515,95 ao ano. Já as projeções de reduções na demanda de água pelo reúso de água cinza em descarga sanitária os maiores índices (14%), podendo chegar a 72.679 $m^3$/ano, o que representa uma redução na vazão de exploração a

aproximadamente 2,3 L/s. A redução na despesa de exploração pode chegar a R$ 374.297,61 ao ano.

**Tabela 4 – Análise do potencial de redução de exploração de recursos hídricos locais.**

| | Potencial de Redução de Exploração de Recursos Hídricos | | | |
|---|---|---|---|---|
| | (%) | ($m^3$/ano) | (L/s) | (R$/ano) |
| **Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva** | | | | |
| Cisterna 10$m^3$ - Irrigação e Lavagem Pisos | 1,5 | 7.807 | 0,2 | 40.204,16 |
| Cisterna 20$m^3$ - Irrigação e Lavagem Pisos | 1,7 | 8.817 | 0,3 | 45.405,66 |
| Cisterna 30$m^3$ - Irrigação e Lavagem Pisos | 1,9 | 9.827 | 0,3 | 50.607,16 |
| Cisterna 5$m^3$ - Ar Condicionado | 0,8 | 4.033 | 0,1 | 20.771,44 |
| Cisterna 10$m^3$ - Ar Cond., Irr. e Lav. Pisos | 2,0 | 10.274 | 0,3 | 52.911,45 |
| Cisterna 20$m^3$ - Ar Cond., Irr. e Lav. Pisos | 2,2 | 11.284 | 0,4 | 58.112,95 |
| Cisterna 30$m^3$ - Ar Cond., Irr. e Lav. Pisos | 2,4 | 12.294 | 0,4 | 63.314,45 |
| Cisterna 40$m^3$ - Ar Cond., Irr. e Lav. Pisos | 2,6 | 13.304 | 0,4 | 68.515,95 |
| **Sistemas de Reúso de Água Cinza** | | | | |
| Ar Condicionado | 1,7 | 8.824 | 0,3 | 45.441,86 |
| Irrigação e Lavagem Pisos | 2,5 | 13.106 | 0,4 | 67.494,79 |
| Ar Cond., Irrigação e Lavagem Pisos | 4,3 | 22.319 | 0,7 | 114.941,19 |
| Descarga Sanitária | 14,0 | 72.679 | 2,3 | 374.297,61 |

## 4 CONCLUSÃO

Em geral, edificações de escritórios de Brasília possuem, em média, 1.150 pessoas e uma área construída de 12.500 m². Com um consumo anual médio de 5.139 $m^3$/ano, as edificações de escritórios apresentaram indicadores de consumo predial equivalente a 31 litros/pessoa/dia e 1,1 litros/m²/dia. Estes indicadores de consumo predial podem ser usados em um dimensionamento mais preciso de reservatórios em instalações hidráulicas. Resultados obtidos pelo levantamento qualitativo sugerem que o principal fator que afeta o consumo em edificações de escritórios é o uso de água em descarga sanitária em bacias sanitárias e mictórios, o que representa 63,2% do consumo predial.

Resultados sugerem que edificações de escritórios de Brasília possuem uma demanda urbana de água de aproximadamente a 787.194 $m^3$/ano, o que representa uma despesa de exploração estimada a R$ 4.054.049,10 ao ano. Com isso, faz sentido identificar soluções viáveis capazes de promover a conservação de água em edificações. Ao analisar o desempenho de sistemas de aproveitamento e água de chuva e de sistemas de reúso de água cinza separadamente, os benefícios limitam-se a economias equivalentes a 132 m³ por edificação por ano (ao aproveitar água de chuva em sistemas de ar condicionado, irrigação e lavagem de pisos) e 720 m³ por edificação por ano (ao realizar o reúso de água cinza em descarga sanitária).

Mas repare que, por um lado, aproveitar a água de chuva em descargas sanitárias demonstrou-se tecnicamente inviável, pois não há área de cobertura suficiente para suprir a demanda de água necessária. E que, por outro lado, a oferta de água cinza seria insuficiente para atender à demanda em descargas sanitárias e em outros usos não potáveis. Ou seja, ambos os sistemas se complementam e se utilizados em combinação, são capazes de promover economias equivalentes a 851 m³ por edificação por ano, o que representaria uma redução na demanda urbana de água de aproximadamente 85.983,32 $m^3$/ano e nas despesas de exploração, R$ 442.814,10 ao ano.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiamento desta pesquisa cedido pela Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA), a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) por sua prestimosa colaboração com o estudo, providenciando as informações necessárias para o desenvolvimento do trabalho e aos demais colaboradores que contribuíram com o estudo.

## REFERÊNCIAS

ADASA. **Níveis dos reservatórios de Santa Maria e Descoberto.** Brasília: Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br>. Acesso em: 10 novembro 2016.

CAESB. **Seca 2016:** Informações sobre a crise hídrica no Distrito Federal. Brasília: Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal, 2016a. Disponível em: <https://www.caesb.df.gov.br/>. Acesso em 07 dezembro 2016.

FEWKES, A. Modelling the performance of rainwater collection systems: towards a generalised approach. **Urban Water**, v. 1, n. 4, p. 323-333, 2000.

HERRINGTON, P. R. The economics of water demand management. In: D. BUTLER e F.A. MEMON (Ed.). **Water demand management.** London: IWA, 2006. The economics of water demand management, p.236-279.