

# Aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edifícios residenciais de Brasília – parte 1: reduções no consumo de água

SANT'ANA, Daniel<sup>1</sup>  
BOEGER, Louise<sup>2</sup>  
MONTEIRO, Lillian<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil. dsantana@unb.br

<sup>2</sup>Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil. louiseboeger@gmail.com

<sup>3</sup>Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil. lillian@vilelamonteiro.com.br

## Resumo

Sistemas de aproveitamento de águas pluviais (AAP) e de reúso de águas cinzas (RAC) são estratégias de gestão descentralizadas capazes de promover reduções na demanda urbana de água. No entanto, pouco se sabe sobre sua viabilidade para uma implementação estratégica em edificações. Para avaliar a viabilidade desses sistemas hidráulicos em edificações residenciais, é fundamental compreender o uso desagregado de água para estimar o potencial de redução no consumo de água e verificar a aplicabilidade, os custos e os benefícios de adaptação predial. O presente artigo foca na caracterização dos usos-finais de água do estoque de edificações residenciais de Brasília, e na identificação do potencial de redução do consumo de água promovido por diferentes sistemas AAP e RAC. Em geral, resultados demonstram um alto índice de consumo de água em chuveiros (23,0%), máquinas de lavar roupa (21,4%) e descargas sanitárias (15,3%). Já os usos externos de água representam uma pequena fração do consumo predial total (3,5%). Em média, resultados indicam que as áreas de cobertura são capazes de fornecer águas pluviais para suprir 48% da demanda em lavagem de roupas, 60% em descargas sanitárias e 100% em lavagem de pisos e irrigação. Sistemas de reúso de águas cinzas apresentaram maiores valores de economia de água em lavagem de roupas (2.541 m<sup>3</sup>/ano) e descarga sanitárias (1.815 m<sup>3</sup>/ano). Ambos sistemas AAP e RAC são capazes de promover reduções equivalente a 811 m<sup>3</sup>/ano.

**Palavras-Chave:** Usos-finais de água; Indicadores do consumo de água; Conservação de água; Aproveitamento de águas pluviais; Reúso de águas cinzas.

## Abstract

*Rainwater harvesting (RWH) and greywater reuse (GWR) systems are decentralized water management strategies capable of promoting reductions in urban water demand. However, little is known about their feasibility at the building scale for strategic planning. In order to evaluate the feasibility of such water systems in residential multi-storey buildings, it is crucial to understand disaggregated domestic water uses to estimate potential water savings and verify the applicability, costs and benefits for building adaptation. This article focuses on the characterization of domestic water end-uses for multi-storey residential building stock from Brasilia, Brazil, and on the identification of potential water savings for different RWH and GWR systems. Overall, results demonstrate high indoor water end-uses on shower heads (23.0%), washing machines (21.4%) and toilet flushing (15.3%). Outdoor water end-uses represent a small fraction of total building consumption (3.5%). Findings indicate that average roof areas are capable of supplying rainwater for 48% of laundry demands, 60% of toilet demands and 100% of floor washing and irrigation demands. Higher water savings can be achieved with greywater reuse in indoor demands such as clothes washing (2,541 m<sup>3</sup>/yr) and toilet flushing (1,815 m<sup>3</sup>/yr). Both RWH and GWR systems are capable of promoting savings equivalent to 811 m<sup>3</sup>/yr.*

**Keywords:** Water end-uses; Water consumption indicators; Water conservation; Rainwater harvesting; Greywater reuse.

## 1. Introdução

Na medida em que a população cresce (IBGE, 2012), e o consumo per capita de água aumenta (CAESB, 2004; 2006; 2008; 2011), a capacidade hídrica para abastecimento de água no Distrito Federal está diminuindo. Para atender às necessidades dessa crescente demanda, a concessionária local está promovendo a construção de novos sistemas produtores de água, extraindo recursos de regiões remotas (CORUMBÁ CONCESSÕES, 2013) ou até mesmo do próprio Lago Paranoá (MAIA, 2013), utilizado como um diluidor de esgoto tratado. Para Rijsberman e Cosgrove (2000), isso é um sinal que a disponibilidade hídrica de recursos locais está se esgotando, ou pelo menos, tornando-se menos abundante.

Está evidente que a gestão dos recursos hídricos no Distrito Federal está focada exclusivamente em uma abordagem voltada para a oferta de água. Ou seja, na medida em que a demanda cresce, há um aumento no volume de extração de água para suprir o abastecimento público. Ao atingir níveis preocupantes, grandes investimentos estão sendo realizados para a construção de novos sistemas produtores de água, elevando cada vez mais o nível de extração de água dos recursos hídricos locais, ignorando os impactos ambientais causados por uma política extracionista insustentável. A fim de promover a gestão sustentável de água no Distrito Federal, torna-se necessário adotar uma abordagem voltada ao controle da demanda de água, através da aplicação de estratégias eficazes na conservação de água.

Porém, segundo De Oreo *et al.* (1996), a avaliação do desempenho de um programa de conservação de água é dependente da compreensão dos usos finais do consumo de água. Apesar da vasta experiência internacional, a caracterização dos usos-finais do consumo doméstico de água no Brasil ainda está na sua infância e dados generalizáveis ainda não foram produzidos. Um estudo analisou um apartamento de baixa renda em São Paulo (ROCHA *et al.*, 1998), outro estimou os usos-finais do consumo de água para duas casas (GHISI e FERREIRA, 2007) e três prédios residenciais (GHISI e OLIVEIRA, 2007) no sul do país, e Barreto (2008) realizou medições em sete residências em São Paulo com faixa de consumo mensal entre 15-20m<sup>3</sup>/mês. Segundo Vieira *et al.* (2007, p. 193), usos-finais do consumo de água podem variar de “país para país, de uma região para outra região e até mesmo de uma residência para outra”. Para tanto, torna-se imprescindível buscar dados referentes à realidade local, das tipologias residenciais típicas encontradas em Brasília.

Dentre diferentes estratégias de gestão de demanda urbana de água, encontram-se sistemas de

aproveitamento de águas pluviais (AAP) e de reúso de águas cinzas (RAC) em fins não potáveis nas edificações. Experiências internacionais demonstram que sistemas AAP e RAC são capazes de promover reduções significativas no consumo de água potável em edificações residenciais, atuando como ferramentas de gestão no controle da demanda urbana de água (e.g. DIXON *et al.*, 1999; YANG e ABBASPOUR, 2007). Dependendo da região geográfica brasileira, Ghisi (2006) estima que a oferta de água pluvial é capaz de suprir 48% a 100% da demanda de água em edificações do setor residencial. Outro estudo, verificou que a oferta de águas cinzas geradas por edificações residenciais podem suprir até 49% da demanda doméstica de água (SANT'ANA, 2011).

No Brasil, Ghisi e Oliveira (2007) analisaram o potencial de redução do consumo de água utilizando sistemas AAP e RAC em descarga sanitária e máquina de lavar roupa para duas casas em Palhoça – SC. Resultados indicam economias de até 33,5% pelo aproveitamento de águas pluviais, e 30,4% pelo reúso de águas cinzas. Outro estudo verificou as reduções geradas pelo aproveitamento de águas pluviais em descarga sanitária, máquina de lavar roupa e tanque para três edifícios residenciais de Florianópolis (GHISI e FERREIRA, 2007). Economias de até 17,7% foram geradas pelo aproveitamento e água pluvial, e 34,8% pelo reúso de águas cinzas. Até o presente momento, a literatura demonstra pouca compreensão sobre o potencial de redução do consumo de água pela implementação de sistemas AAP e RAC nas tipologias residenciais existentes das superquadras de Brasília.

Com essas questões em mente, o presente artigo busca caracterizar os usos-finais de água em edificações residenciais de Brasília para identificar o potencial de redução do consumo de água promovido pelo aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas em fins não potáveis. Os resultados deste estudo levam a um segundo artigo complementar “Aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edifícios residenciais de Brasília – parte 2: viabilidade econômica” que dá continuidade à análise, verificando a viabilidade técnica para adaptação predial e o custo-benefício gerado por diferentes sistemas AAP e RAC.

## 2. Metodologia

As superquadras de Brasília são compostas por tipologias residenciais características do Plano Piloto de Lucio Costa: edificações residenciais elevados por pilotis, com projeção uniforme. Essa modulação residencial, que se repete ao longo da Asa Norte e Asa Sul (Figura 1), possibilitou uma amostragem aleatória para coleta de dados

**Figura 1:** Tipologia residencial (a) das superquadras (b) em Brasília (c).



Fonte: Adaptado do Google Earth (2013); Foto própria.

primários referentes à composição tipológica das edificações e seu consumo de água.

Uma distinção entre o consumo de água comunal e o consumo de água individual nas edificações residenciais tornou-se necessário para a coleta de dados. Por um lado, o consumo individual de água é feito por moradores, dentro dos apartamentos. Para tanto, foi utilizado um parâmetro de consumo litros por pessoa por dia (l/p/d). Já o consumo comunal, é composto pela manutenção das áreas comuns do edifício, realizadas por indivíduos responsáveis pela lavagem de pisos e manutenção de jardins. Desse modo, utilizou-se um parâmetro de consumo litros por metro quadrado por dia (l/m<sup>2</sup>/d).

A coleta de dados primários referentes ao consumo individual de água foi realizada através de uma técnica desenvolvida para medir, durante sete dias, os usos-finais de água em 19 apartamentos. Como ponto de partida, a vazão de torneiras e chuveiros foi identificada pela medição do tempo necessário para encher um recipiente de um litro. Em seguida, um cronômetro foi fixado ao lado de cada torneira e registro de chuveiro para que cada morador pudesse facilmente marcar o seu tempo de uso, pressionando um botão para iniciar e pausar o cronômetro. Dessa maneira, o tempo de abertura das torneiras e registros, pôde ser acumulado no próprio cronômetro ao longo do dia. Foi solicitado que, no final do dia, um morador se responsabilizasse em anotar os tempos acumulados em um diário, e que em seguida, reiniciasse o cronômetro para dar

prosseguimento aos registros do próximo dia. O volume de água utilizado em cada torneira e chuveiro foi estimado conforme o tempo de uso, e vazão de cada equipamento (Equação 1).

$$D_e = [(hr \times 3600) + (min \times 60) + seg] \times q_e \quad (1)$$

$D_e$  = Consumo de água de equipamento hidráulico (litros)

$q_e$  = Vazão de equipamento hidráulico (litros/segundo)

Para estimar a demanda de água em descargas sanitárias, os moradores foram orientados a marcar, diariamente, o número de descargas por meio de diários de registro fixados na parede ao lado da descarga sanitária. O volume de água usado nas descargas foi estimado de acordo o modelo do vaso sanitário (6, 9 ou 12 litros por fluxo). Por meio de diários de registros posicionados ao lado de máquinas de lavar roupas e louças, os moradores foram solicitados a marcar o número de lavagens e a programação utilizada na lavagem ao longo da semana. O volume de água usado nas máquinas de lavar, por tipo de programação de lavagem, foi obtido pelos manuais dos fabricantes de cada aparelho. A demanda de água em descarga sanitária e lavagem de roupas e louças puderam ser estimadas conforme Equação 2.

$$D_a = n \times q_a \quad (2)$$

$D_a$  = Consumo de água de aparelho hidráulico (litros)

$q_a$  = Vazão de aparelho hidráulico (litros/uso)

$n$  = Número de usos

Para estimar o consumo comunal de água, foi desenvolvida uma metodologia baseada no uso de questionários, em medições de vazão e observações in loco. Em um primeiro momento, questionários direcionados a usuários-chave das edificações foram utilizados para coletar dados referentes à frequência mensal e aos equipamentos utilizados no processo de lavagem de pisos e irrigação de jardins. Em seguida, a vazão de cada equipamento consumidor de água usado foi identificada, verificando o tempo de enchimento de um recipiente de 10 litros, ou conforme especificações de fabricantes (no caso de aspersores de irrigação e lavadoras de alta pressão). Depois, observações in loco permitiram verificar o tempo de uso da água durante os processos de lavagem de pisos e irrigação nas edificações. O volume de água utilizado em cada atividade foi determinada segundo a Equação 1.

Um modelo representativo foi criado de acordo com valores estatísticos médios de dados primários coletados em pesquisa de campo. Dados referentes à área construída, área de cobertura, área verde, número de pessoas e indicadores dos usos-finais de água foram utilizados para calcular o potencial de redução do consumo de água para diferentes sistemas AAP e RAC.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (3)$$

Sujeito a  $0 \leq V_{t-1} \leq C$

$V_t$  = Água pluvial armazenada no intervalo de tempo,  $t$   
 $V_{(t-1)}$  = Água pluvial armazenada no intervalo de tempo,  $t-1$   
 $Q_t$  = Oferta de água pluvial no intervalo de tempo,  $t$   
 $D_t$  = Demanda de água pluvial no intervalo de tempo,  $t$   
 $C$  = Capacidade de armazenamento

$$Y_t = \min \left\{ \begin{array}{l} D_t \\ V_{t-1} + Q_t \end{array} \right. \quad (4)$$

$$V_t = \min \left\{ \begin{array}{l} V_{t-1} + Q_t - Y_t \\ C \end{array} \right.$$

$Y_t$  = Coleta de água pluvial no intervalo de tempo,  $t$

Para verificar as reduções do consumo de água de sistemas AAP e RAC, três demandas de usos não potáveis foram consideradas na investigação: (Cenário 1) lavagem de pisos e irrigação; (Cenário 2) descargas sanitárias; e (Cenário 3) lavagem de roupas. Para cada cenário, simulações baseadas em intervalos de tempo diários usando um modelo comportamental (Equação 3) foram realizadas usando uma regra operacional de 'uso após extravasão' (*yield after spillage*) na Equação 4 (Fewkes, 1999). Simulações do desempenho de diferentes capacidades de cisternas foram realizadas para identificar o potencial de redução do consumo de água pelo aproveitamento de águas pluviais. 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 águas cinzas foi realizado, conforme resultados obtidos no levantamento dos usos-finais do consumo predial de água. Um índice de redução do consumo de água foi utilizado como parâmetro de comparação de ambos os sistemas (Equação 5).

$$PR = \left( \frac{D_b - D_r}{D_b} \right) \times 100 \quad (5)$$

$PR$  = Potencial de redução do consumo predial de água (%)

$D_b$  = Consumo base ( $m^3$ /ano)

$D_r$  = Consumo reduzido ( $m^3$ /ano)

### 3. Características Tipológicas

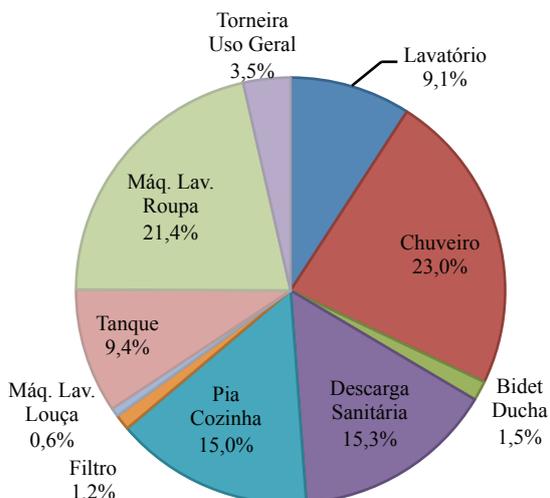
Em geral, o estoque de edifícios residenciais de Brasília consiste em blocos predominantemente horizontais de 4 ou 6 pavimentos com 6, 8 ou 12 apartamentos por andar, uma área útil média equivalente a  $91m^2$ , com 3 moradores por apartamento. Em média, os edifícios analisados apresentaram uma projeção de cobertura, piso térreo comunal elevado a pilotis e, na maioria dos casos, um estacionamento subsolo, com uma área equivalente a  $1.090 m^2$ . Jardins localizados no entorno imediato da edificação, contém, em média uma área de  $1.000m^2$ .

### 4. Usos-Finais do Consumo de Água

Resultados demonstraram um consumo predial médio de  $11.700 m^3$ /ano, com uma demanda mensal equivalente a  $15 m^3$ /mês/apartamento e um consumo *per capita* de  $172 l/p/d$ . Como podemos observar na Figura 2, o uso de água em lavagem de pisos e irrigação (torneira de uso geral) representa uma pequena fração do consumo predial total (3,5%). Resultados do questionário indicam que, ao longo do ano, a lavagem do piso térreo ocorre uma vez por semana, e do piso subsolo (quando há garagem) de seis em seis meses. A Tabela 1 faz um resumo dos valores médios de vazão, frequência e demanda por uso-final do consumo comunal de água. Em geral, podemos observar que apesar da alta vazão, a lavagem de pisos pelo uso de mangueiras obteve um indicador de consumo menor que pelo uso de lavadoras de alta pressão, com vazões reduzidas. O motivo está relacionado pela maneira na qual a mangueira é utilizada. Verificou-se, na maioria dos casos, que as mangueiras eram utilizadas apenas para molhar o piso ou na pré-lavagem, pelo uso de enceradeiras e lavadoras de alta pressão para enxague do sabão, ou junto com um rodo, apenas para retirar a sujeira da superfície. Em edifícios que utilizavam apenas lavadoras de alta pressão, foi observado que os usuários 'empurravam' a sujeira dos pisos usan-

do a lavadora de alta pressão como uma 'vassoura', aumentando seu tempo de uso.

**Figura 2:** Usos-finais do consumo de água.



Quarenta e três por cento das edificações utilizavam aspersores na irrigação de jardins, enquanto o restante fez uso da mangueira para irrigação manual. Durante a estação chuvosa, a irrigação da vegetação foi mínima, limitando-se apenas a plantas ornamentais em vasos (0,002 l/m<sup>2</sup>/d). Já durante a estação seca, o consumo médio de água em irrigação foi de 0,9 l/m<sup>2</sup>/d. O processo de irrigação por aspersores demonstrou ser 6% mais eficiente que pelo uso de mangueiras. Além de apresentar uma alta vazão (17,7 litros/min), o seu tempo de uso de água excede 2 segundos a mais para cada metro quadrado de área irrigada.

**Tabela 1:** Indicadores de consumo comunal.

Usos-Finais	Vazão	Freq.*	Demanda
Lavagem de Piso Mangueira	15,6 l/min	2 seg/m <sup>2</sup>	0,5 l/m <sup>2</sup> /d
Lavagem de Piso Lavadora	8,0 l/min	9 seg/m <sup>2</sup>	1,1 l/m <sup>2</sup> /d
Irrigação de Jardim Mangueira	17,7 l/min	7 seg/m <sup>2</sup>	1,7 l/m <sup>2</sup> /d
Irrigação de Jardim Aspersores	3,1 l/min	5 seg/m <sup>2</sup>	0,1 l/m <sup>2</sup> /d

\*por dia de uso

**Tabela 2:** Indicadores de consumo individual.

Usos-Finais	Vazão	Freq.*	Demanda
Lavatório	6,7 l/min	3,1 min	21 l/p/d
Chuveiro	5,7 l/min	9,2 min	53 l/p/d
Bidet / Ducha	7,2 l/min	0,5 min	3 l/p/d
Descarga Sanitária	9,0 lpf	4 usos	35 l/p/d
Pia Cozinha	6,8 l/min	5,1 min	34 l/p/d
Filtro de Água	2,2 l/min	1,2 min	3 l/p/d
Máq. Lav. Louças	12,6 l/ciclo	0,1 ciclo	1 l/p/d
Tanque	7,4 l/min	2,9 min	22 l/p/d
Máq. Lav. Roupas	164 l/ciclo	0,3 ciclo	49 l/p/d

\*por pessoa/dia

As atividades que apresentaram o maior índice de consumo individual de água foi o chuveiro (23,0%), seguido pela máquina de lavar roupas (21,4%), a descarga sanitária (15,3%) e a pia de cozinha (15,0%). A Tabela 2 apresenta os indicadores de consumo *per capita* dos usos-finais em apartamentos, apresentando a vazão média de equipamentos e frequência de uso da água. O alto consumo de água nos chuveiros pode ser explicado por apresentar um maior tempo de uso (9,2 minutos/pessoa/dia). Já o alto consumo de água das máquinas de lavar roupas foi em função do grande volume de água usado no processo de lavagem (164 litros por ciclo) de máquinas do tipo 'top load' com capacidade média de 10 kg, associado ao seu uso frequente ao longo da semana (6 usos por família de moradores). A grande maioria dos vasos sanitários apresentaram um volume de descarga de 9 litros por fluxo (lpf), com uma frequência de uso equivalente 4 descargas por morador por dia. Apesar da maioria dos apartamentos analisados (69%) possuírem uma máquina de lavar louça, apenas uma em cada sete famílias utilizavam-na com uma frequência muitas vezes limitada aos finais de semana (2 usos por semana). Essa baixa frequência de uso ligado ao pequeno volume de água usado para lavagem da louça (em média 12,6 litros por ciclo) resultou no menor índice de consumo, equivalente a 0,6%. Em contrapartida, resultados demonstram que o principal uso de água na pia de cozinha era para lavagem de louças (em média 2 vezes ao dia). Apesar da maioria dos moradores controlarem a abertura da torneira durante a lavagem de louças, sua alta vazão ligada ao tempo de uso (15 minutos por apartamento por dia), resultou em uma demanda diária de 102 litros por apartamento.

## 5. Reduções no Consumo de Água

Baseado no modelo representativo composto pelas características tipológicas e indicadores dos usos-finais de água, reduções no consumo de água pelo aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas em lavagem de pisos e irrigação (Cenário 1); descarga sanitária (Cenário 2); e lavagem de roupas (Cenário 3) cenários foram identificadas.

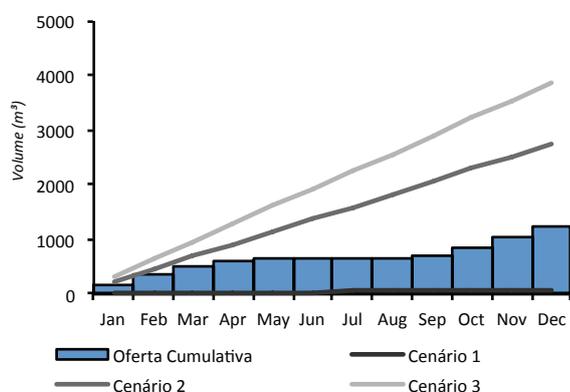
Nos casos avaliados, o aproveitamento de água pluvial voltado ao consumo comunal em lavagem de pisos e irrigação se mostrou ser uma melhor opção que o aproveitamento de água pluvial voltado ao consumo individual em descarga sanitária e lavagem de roupas nos apartamentos. Um balanço hidráulico entre a oferta de água pluvial e a demanda de água para os Cenários 2 e 3 demonstram que, em geral, as edificações residenciais de Brasília não contém uma área de cobertura grande o suficiente para suprir a demanda de água

**Tabela 3:** Reduções no consumo de água.

Sistema	Cenário	Descrição	Eficiência do Sistema (%)	Potencial de Redução (%)	Economia de Água (m <sup>3</sup> /ano)
AAP	1	Lavagem de pisos e irrigação	100	0,7	81
	2	Descarga sanitária	60	9,5	1.094
	3	Lavagem de roupas	48	10,6	1.229
RAC	1	Lavagem de pisos e irrigação	100	0,7	81
	2	Descarga sanitária	100	15,7	1.815
	3	Lavagem de roupas	100	22,0	2.541

pluvial de maneira adequada. A Figura 3 abaixo demonstra essa relação graficamente por meio de uma análise de curva e massa entre a oferta cumulativa de água pluvial e a demanda cumulativa de água pluvial para os diferentes cenários.

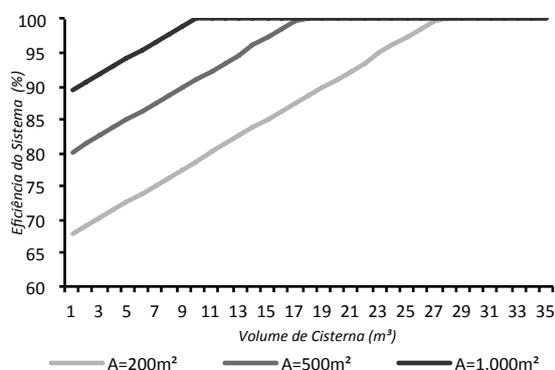
**Figura 3:** Oferta vs demanda de água pluvial.



O desempenho de diferentes capacidades de armazenamento de águas pluviais foi avaliado para os três cenários de demanda de água não potável. Resultados das simulações do desempenho de diferentes capacidades de cisternas revelaram que, devido à grande demanda por água em descargas sanitárias e em lavagem de roupas, no fim do dia, o reservatório de água pluvial estaria sempre vazio, independente do seu volume de armazenamento. Mesmo considerando toda a área de cobertura disponível, a oferta de água pluvial nunca seria suficiente para atender toda a demanda de água não potável em apartamentos, limitando a eficiência de um sistema AAP em descargas sanitárias a 60%, e 48% em máquinas de lavar roupas. Para suprir toda a demanda de água pluvial em descarga sanitária, seria necessária uma área de coleta equivalente a 2.235m<sup>2</sup>, e uma área de 3.136m<sup>2</sup> para o aproveitamento de águas pluviais em lavagem de roupas. Por outro lado, a área de cobertura demonstrou ser mais que suficiente para suprir toda a demanda de água em lavagem de pisos e irrigação (Figura 3). Dependendo da área de coleta, a relação entre eficiência do sistema e volume de cisterna se altera. Para tanto, foram realizadas simulações para áreas de cobertura de 200m<sup>2</sup>, 500m<sup>2</sup> e 1.000m<sup>2</sup>, conforme a capacidade de tratamento de filtros pluviais. A Figura 4 demonstra que a

eficiência do sistema AAP aumenta na medida em que há uma ampliação da área de cobertura para coleta de águas pluviais, apontando o volume ideal de cisternas (27m<sup>3</sup> para 200m<sup>2</sup> de área de coleta, 17m<sup>3</sup> para 500m<sup>2</sup> de área de coleta e 10m<sup>3</sup> para 1.000m<sup>2</sup> de área de coleta).

**Figura 4:** Eficiência do sistema por área de coleta.



Como podemos observar na Tabela 3, sistemas AAP para lavagem de roupas é capaz de promover o maior índice de redução no consumo predial de água (10,6%), com uma economia anual equivalente a 1.229 m<sup>3</sup>/ano. Já o aproveitamento de águas pluviais em descargas sanitárias, tem o potencial para reduzir 9,5% de todo o consumo do edifício residencial (1.094 m<sup>3</sup>/ano). Apesar de sua alta eficiência, sistemas AAP voltados para lavagem de pisos e irrigação contém o menor potencial de redução do consumo predial de água (0,7%) em função do seu baixo nível de demanda anual (81 m<sup>3</sup>/ano).

O balanço hidráulico do volume de oferta diária de águas cinzas (28.750 litros/dia) provou ser mais que o suficiente para suprir toda a demanda dos usos não-potáveis nas edificações residenciais de Brasília (12.156 litros/dia). Contudo, sistemas RAC demonstram ser 100% eficientes, atendendo às necessidades diárias o ano inteiro. Como podemos observar na Tabela 3, sistemas RAC são capazes de promover economias anuais equivalentes a 81 m<sup>3</sup>/ano (Cenário 1), 1.815 m<sup>3</sup>/ano (Cenário 2) e 2.541 m<sup>3</sup>/ano (Cenário 3). Em suma, sistemas RAC provaram ser mais eficientes que sistemas AAP, apresentando maiores reduções no consumo individual de água dos

apartamentos em descarga sanitária (15,7%) e lavagem de roupas (22%).

## 7. Conclusão

O presente estudo fez um levantamento das características tipológicas de edificações residenciais em Brasília, caracterizando os usos-finais do consumo doméstico de água e apresentando indicadores de consumo de água para as diferentes atividades de consumo predial de água. Com isso, o presente artigo identificou o potencial de redução do consumo de água promovido por sistemas AAP e RAC, considerando três possíveis cenários baseados na demanda de água não potável em lavagem de pisos e irrigação (Cenário 1); descarga sanitária (Cenário 2); e lavagem de roupas (Cenário 3).

Os indicadores do consumo de água demonstram um alto índice de consumo em chuveiros, máquinas de lavar roupas e descargas sanitárias. Esse alto consumo de água em chuveiros e máquinas de lavar roupas é capaz de gerar um volume de águas cinzas (18.325 litros/dia) suficiente para suprir toda a demanda de água não potável em lavagem de pisos e irrigação (222 litros/dia), descargas sanitárias (4.973 litros/dia) e lavagem de roupas (6.962 litros/dia). Em função disso, sistemas RAC são capazes de promover maiores reduções no consumo de água nos Cenários 2 e 3 do que sistemas AAP.

Devido às características tipológicas das edificações residenciais de Brasília, sistemas AAP não são capazes de suprir toda a demanda de água não potável em descargas sanitárias (60%) e em lavagem de roupas (48%). Para suprir toda a demanda de água não potável em lavagem de pisos e irrigação, é necessário uma área de coleta de água pluvial equivalente a 72,92m<sup>2</sup>. Porém, resultados indicam que na medida em que a área de coleta de água pluvial da cobertura aumenta, o volume ideal de cisterna para suprir 100% da demanda reduz.

Resultados sugerem que, caso todo estoque de edifícios residenciais de Brasília se adaptem para o aproveitamento de águas pluviais ou reúso de águas cinzas em lavagem de pisos, descargas sanitárias e lavagem de roupas, reduções na demanda urbana por água potável poderiam chegar a 4.113 km<sup>3</sup> de água por ano, contribuindo significativamente à preservação dos recursos hídricos locais.

## 8. Agradecimentos

Os autores agradecem o financiamento cedido pelo Programa de Iniciação Científica (ProIC/

UnB/ CNPq) e os dados climáticos cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

## 9. Referências

BARRETO, D. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. **Ambiente Construído**, v.8, n.2, p. 23-40, 2008.

CAESB. **Siágua 2004**: Sinopse do sistema de abastecimento de água do Distrito Federal. 13 ed. Brasília: CAESB, 2008. 21 p.

\_\_\_\_\_. **Siágua 2006**: Sinopse do sistema de abastecimento de água do Distrito Federal. 15 ed. Brasília: CAESB, 2008. 110 p.

\_\_\_\_\_. **Siágua 2008**: Sinopse do sistema de abastecimento de água do Distrito Federal. 17 ed. Brasília: CAESB, 2008. 143 p.

\_\_\_\_\_. **Siágua 2011**: Sinopse do sistema de abastecimento de água do Distrito Federal. 19 ed. Brasília: CAESB, 2008. 152 p.

CORUMBÁ CONCESSÕES. **Reservatório da UHE Corumbá IV reforçará abastecimento de água do DF**. [s.l.], 2013. Disponível em: <<http://www.corumbaconcessoes.com.br/>>. Acesso em: 25 de abril, 2013.

DE OREO, W.B.; HEANEY, J.P.; MAYER, P.W. Flow trace analysis to assess water use. **American Water Works Association**, v.88, n.1, p. 79-90, 1996.

DIXON, A.; BUTLER, D.; FEWKES, A. Water saving potential of domestic water reuse systems using greywater and rainwater in combination. **Water Science and Technology**, v.39, n.5, p. 25-32, 1999.

FEWKES, A. Modelling the performance of rainwater collection systems: towards a generalised approach. **Urban Water**, v.1, p.323-333, 1999.

GHISI, E. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. **Building and Environment**, v.41, n.11, p.1544-1550, 2006.

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, n. 7, p.2512-2522, 2007.

GHISI, E.; OLIVEIRA, S. M. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil.

**Building and Environment**, v.42 n.4, p.1731-1742, 2007.

IBGE. **Estimativas de população**. Brasília: Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, 2012.

MAIA, A. Água para 600 mil. **Correio Braziliense**, Brasília, 19 de abril de 2013. Cidades, p.59.

RIJSBERMAN, F.R.; COSGROVE, W.J. **World water vision: making water everybody's business**. Washington: Earthscan, 2000. 108 p.

ROCHA, A.L.; BARRETO, D.; IOSHIMOTO, E. **Caracterização e monitoramento do consumo predial de água**. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Brasília: Secretaria de Política Urbana, 1998. 38p.

SANT'ANA, D. **A socio-technical study of water consumption and water conservation in Brazilian dwellings**. (2011). 384 f. Tese (Doutorado) – Oxford Institute for Sustainable Development, Oxford Brookes University, Oxford, 2011.

VIEIRA, P.; ALMEIDA, M.C.; BAPTISTA, J.M.; RIBEIRO, R. Household water use: a Portuguese field study. **Water Science and Technology: Water Supply**, v.7, n.5-6, p. 193-202, 2007.

YANG, H.; ABBASPOUR, K. C. Analysis of wastewater reuse potential in Beijing. **Desalination**, v. 212, n. 1-3, p. 250, 2007.