



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

REDUÇÕES NA EXPLORAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS PELO EMPREGO DE TECNOLOGIAS CONSERVADORAS DE ÁGUA: UMA ANÁLISE PILOTO EM REGIÕES RESIDENCIAIS DO DISTRITO FEDERAL¹

ALVARES, Karla (1); SANT'ANA, Daniel (2)

(1) UNB, e-mail: alvares.karla@gmail.com; (2) UNB, e-mail: dsantana@unb.br.

RESUMO

Em estudo prévio, a viabilidade de tecnologias conservadoras de água foram identificadas para diferentes faixas de renda familiar e tipologias residenciais no Distrito Federal utilizando-se de modelos estatísticos representativos compostos por um levantamento qualitativo. Este artigo, fruto de um trabalho de conclusão de curso de pós-graduação *lato sensu*, dá continuidade a esse estudo prévio, com o intuito de verificar as reduções na exploração de recursos hídricos pelo emprego de tecnologias conservadoras de água em determinadas regiões residenciais do Distrito Federal, considerando diferentes cenários de implementação.

Palavras-chave: Recursos hídricos, Conservação de água, Custos de exploração.

ABSTRACT

In a previous study, the feasibility of conservative water technologies have been identified for different family income ranges and residential typologies in Federal District, using representative statistical models consisting of a qualitative and quantitative survey. This article, the result of work completion sensu post-graduation course, continues this previous study, in order to verify the reductions in exploitation of water resources by the use of conservative water technologies in certain residential areas of the Federal District considering different implementation scenarios.

Keywords: Water resources. Water conservation. Exploration costs.

1 INTRODUÇÃO

Um estudo prévio caracterizou os usos finais do consumo de água para diferentes tipologias residenciais e faixas de renda familiar em oito regiões administrativas (RA's) do Distrito Federal. Com isso, diferentes tecnologias conservadoras de água foram avaliadas em termos de sua viabilidade técnica, econômica e ambiental, apresentando soluções ótimas para cada tipologia e renda (SANT'ANA, 2011). Tal estudo utilizou uma metodologia qualitativa, onde caracterizou-se os usos finais do consumo doméstico de água em 125 residências por meio de uma auditoria quantitativa para coleta

¹ ALVARES, Karla; SANT'ANA, Daniel. Reduções na exploração de recursos hídricos pelo emprego de tecnologias conservadoras de água: uma análise piloto em regiões residenciais do Distrito Federal. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

e análise de dados, e uma abordagem quantitativa, que baseou-se em questionários voltados a moradores, coletando dados primários sobre os aspectos socioeconômicos, consumo doméstico de água e características tipológicas para 481 residências no DF.

Nesse estudo, as RA's foram categorizadas conforme renda familiar: i) Residências de Renda Alta (RRA); ii) Residências de Renda Média Alta (RRMA); iii) Residências de Renda Média Baixa (RRMB); e iii) Residências de Renda Baixa (RRB).

Sant'Ana (2011) identificou que RRA apresentam a maior taxa de consumo de água diário, com uma média de 1.283 l/dia. Em RRMA, a taxa de consumo é de 630 l/dia; em RRMB é de 625 l/dia e em RRB de 483 l/dia, demonstrando que a taxa de consumo de água está diretamente ligada com a faixa de renda.

Como resultados, o estudo demonstrou que o uso equipamentos economizadores de água provou ser a solução mais viável para a redução do consumo de água, independente da faixa de renda ou tipologia, uma vez que esse tipo de intervenção requer pouca ou nenhuma grande obra dentro das residências e se mostra uma estratégia viável para redução do consumo. No geral, os sistemas de reúso de água foram capazes de promover maiores reduções no consumo de água do que o uso de equipamentos economizadores. O investimento em sistemas de reúso direto não tratado pelo reúso de águas cinzas através da prática do "balde e tonel", se provou viável em residências unifamiliares de todas as faixas de renda. Sistemas de reúso de águas cinzas e recuperação de águas residuárias, provou ser mais viável em RRMA em função do seu alto índice de consumo de água.

1.1 Metodologia

Com base nos dados relativos ao consumo de água (Sant'Ana, 2011), juntamente com dados estatísticos da CAESB (2011) relacionados à demanda de água, e do número de domicílios por RA (PDAD, 2014), foi possível identificar os benefícios ambientais e financeiros promovidos pelo emprego de tecnologias conservadoras de água em diferentes tipologias residenciais do DF.

Os dados de consumo relativos à RA Taguatinga foram apresentados em conjunto com às RA's de Águas Claras, Vicente Pires e Arniquireiras de forma que não foi possível desagregá-los.

Como ponto de partida, foi estimado a Demanda-Base² a partir do número de domicílios por RA e o indicador de Consumo-Base³ por faixa de renda (Equação 01). Em seguida, os valores obtidos (Demanda-Base) foram comparados com dados estatísticos, com intuito de verificar a

² Termo utilizado para expressar valores *baseline* de demanda de água por região administrativa do Distrito Federal

³ Termo usado para expressar valores *baseline* de consumo por domicílio

representatividade dos indicadores de Consumo-Base extraídos de Sant'Ana (2011).

$$D'_{base} = N_{dom} \times IC_{renda} \quad (01)$$

Onde:

D'base – Demanda-base de água por região (x103.m3/ano)

N_{dom} – Número de domicílios por RA

IC_{renda} – Indicador de Consumo-Base por faixa de renda (m3/ano)

Para o cálculo da discrepância (ϵ), foram utilizados os indicadores de Consumo-Base por faixa de renda (IC_{renda}), juntamente com a Demanda por região (D_{região}) - Equação 02. Não foi possível analisar a discrepância na demanda das regiões de Taguatinga e Águas Claras uma vez que estes dados não estavam disponíveis para cada uma das regiões separadamente.

$$\epsilon = 100 - [(D_{região} \div D'_{base})] \times 100 \quad (02)$$

Onde:

ϵ – Discrepância (%)

D_{região} – Demanda por região (x10³.m³/ano)

D'base – Demanda-base de água por região (x10³.m³/ano)

Tabela 1- Cálculo da Demanda-Base

RA	Domicílios*	D _{região} **	IC _{renda} ***	D'base****	ϵ ****
		(x10 ³ .m ³ /ano)	(m ³ /ano)	(x10 ³ .m ³ /ano)	
Lago Norte	11.032	4.340	468	5.166	16
Lago Sul	8.742	6.928	468	4.094	41
Brasília	78.601	33.095	230	18.074	45
Águas Claras	39.362	---	230	9.051	---
Taguatinga	67.147	---	228	15.318	---
Candangolândia	4.592	889	228	1.048	15
Ceilândia	126.765	19.232	176	22.348	14
Samambaia	61.840	9.873	176	10.902	9

Fonte: PDAD (2014)*; CAESB (2011)**; SANT'ANA (2011)***; os autores****

De acordo com a Tabela 1, Lago Sul e Brasília apresentaram uma discrepância maior quando comparadas com as demais RA's. No caso de Brasília, isso pode ter acontecido devido ao alto número de tipologias não residenciais presentes na região. De acordo com o PDAD (2014), fazem parte do Lago Sul o Aeroporto Internacional de Brasília, a Base Aérea de Brasília e o Campo Experimental Água Limpa da Universidade de Brasília. A região conta também com diversas tipologias não-residenciais, como escolas, hospitais,

comércio e áreas de lazer com grandes áreas construídas, como o Jardim Botânico, a Ermida Dom Bosco, o Pontão do Lago Sul e diversos clubes. Além disso, os dados publicados pela Caesb contabilizaram o Jardim Mangueiral para o cálculo da demanda urbana de água, cujo número de domicílios não foram contemplados no PDAD.

Baseado na demanda-base (D'_{base}) calculada para cada região (Tabela 1) e nos dados de viabilidade de medidas de conservação de água para cada faixa de renda (Sant'Ana, 2011), foram criados 4 cenários para que fosse analisada a redução da exploração dos recursos hídricos do DF:

- **Cenário 1:** 100% dos domicílios fazem uso de tecnologia(s) de conservação de água;
- **Cenário 2:** 75% dos domicílios fazem uso de tecnologia(s) de conservação de água;
- **Cenário 3:** 50% dos domicílios fazem uso de tecnologia(s) de conservação de água;
- **Cenário 4:** 25% dos domicílios fazem uso de tecnologia(s) de conservação de água.

Dentre as medidas conservadoras de água, foram analisados o uso de equipamentos economizadores de água e sistemas de aproveitamento de água pluvial (APP), reúso de águas cinzas (RAC) e sistemas recuperação de águas residuárias (RAR) comercialmente disponíveis. Dentre os usos não potáveis, foram considerados:

- **Reúso 1:** irrigação e lavagem de pisos;
- **Reúso 2:** irrigação, lavagem de pisos e descargas sanitárias;
- **Reúso 3:** irrigação, lavagem de pisos, descargas sanitárias e lavanderia.

Os benefícios ambientais promovidos pela redução na exploração de água ($\times 10^3.m^3/ano$) por RA foram identificados pelo produto entre os valores de Demanda-Base e Índice de Redução do consumo de água promovidos pelas diferentes tecnologias conservadoras para cada faixa de renda familiar. Isso possibilitou a identificação das economias anuais geradas em R\$/ano baseado nos custos de exploração de água (CAESB, 2015).

O produto entre os custos de implementação de tecnologias conservadoras de água e número de domicílios por região administrativa possibilitou a identificação do custo-capital de investimento pelo emprego de diferentes tecnologias conservadoras de água. Com isso, os benefícios financeiros promovidos pela redução na exploração de água por RA foram estimados, identificando o período de retorno de investimento em larga escala.

Para se obter o tempo de retorno deste investimento, *payback*, utilizou-se o capital total investido e a economia de água gerada por cada uma das estratégias conservadoras de água (Equação 03).

(03)

$$Payback_{ano} = \frac{Capital_{invest.}}{Economia}$$

Onde:

$Payback_{ano}$ – Tempo de retorno do investimento

$Capital_{invest}$ – Capital total investido (R\$)

$Economia$ – Economia de água (R\$/ano)

Pôde-se perceber que a economia gerada é proporcional ao potencial de redução do consumo de água promovido pelas tecnologias conservadoras de água. Quanto maior for o investimento maior serão os benefícios econômicos. Em função disso, observa-se o mesmo período de retorno para os diferentes cenários, ou seja, o montante investido sempre será viável.

2 AVALIAÇÃO DA REDUÇÃO DA EXPLORAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS PELO EMPREGO DE TECNOLOGIAS CONSERVADORAS DE ÁGUA

As Tabela 2 e 3, respectivamente, apresentam os potenciais de redução na exploração dos recursos hídricos pelo uso de equipamentos economizadores e sistemas de reúso em RRA. Os resultados obtidos demonstram que, para esta faixa de renda, o uso de equipamentos economizadores pode promover grandes reduções na exploração. Considerando-se o Cenário 1, o potencial de redução pode chegar até a $3.778 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$, o equivalente a R\$15.905.829,00. Dentre estes equipamentos, os que promovem maior redução na exploração são lavadoras de alta pressão. Os sistemas de reúso em geral são capazes de promover reduções equivalentes a $3.352 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$, ou R\$14.112.525,00.

Tabela 2 - Potencial de redução na exploração dos recursos hídricos pelo uso de equipamentos economizadores em Residências de Renda Alta

RESIDÊNCIAS DE RENDA ALTA				
	Cenário 1 ($\times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$)	Cenário 2 ($\times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$)	Cenário 3 ($\times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$)	Cenário 4 ($\times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$)
EQUIPAMENTO ECONOMIZADOR				
Restritor de Vazão em torneiras de banheiros	296	222	148	74
Válvula de descarga 6 litros	361	271	181	90
Válvula de descarga dual flush (3/6 litros)	639	479	319	160
Sensor em torneira de cozinha	352	264	176	88
Restritor de Vazão em torneiras de cozinha	269	201	134	67
Restritor de Vazão em torneiras de tanque	102	76	51	25
Bocal da mangueira de	111	83	56	28

fechamento automático				
Lavadora de alta pressão	963	722	482	241
Reparo de vazamento	685	514	343	171
TOTAL (x10.m³/ano)	3.778	2.834	1.889	945
ECONOMIA GERADA (R\$/ano)	15.905.829	11.929.372	7.952.915	3.976.457

Fonte: Os autores

Tabela 3 - Potencial de redução na exploração dos recursos hídricos pelo uso de sistemas de reúso em Residências de Renda Alta

RESIDÊNCIAS DE RENDA ALTA								
	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3		Cenário 4	
	Pot. Red. (x10³.m³/ano)	Econ. (R\$/ano)	Pot. Red. (x10³.m³/ano)	Economia (R\$/ano)	Pot. Red. (x10³.m³/ano)	Economia (R\$/ano)	Pot. Red. (x10³.m³/ano)	Economia (R\$/ano)
SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA CONSUMO BASE								
Cisterna 1m³ - Reúso 1	994	4.186.842	746	3.140.132	497	2.093.421	249	1.046.711
Cisterna 5m³ - Reúso 1	1.067	4.491.340	800	3.368.505	533	2.245.670	267	1.122.835
Cisterna 10m³ - Reúso 1	1.148	4.833.900	861	3.625.425	574	2.416.950	287	1.208.475
Cisterna 5m³ - Reúso 2	1.796	7.563.066	1.347	5.672.299	898	3.781.533	449	1.890.766
Cisterna 10m³ - Reúso 2	1.880	7.913.930	1.410	5.935.447	940	3.956.965	470	1.978.482
Cisterna 10m³ Reúso 3	2.834	11.929.372	2.125	8.947.029	1.417	5.964.686	708	2.982.343
Cisterna 20m³ - Reúso 3	3.010	12.670.084	2.257	9.502.563	1.505	6.335.042	752	3.167.521
Cisterna 30m³ - Reúso 3	3.185	13.410.797	2.389	10.058.098	1.593	6.705.399	796	3.352.699
Cisterna 40m³ - Reúso 3	3.352	14.112.525	2.514	10.584.394	1.676	7.056.262	838	3.528.131
SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZAS PARA CONSUMO BASE								
Sistema balde e tonel - 300L	880	3.703.563	660	2.777.672	440	1.851.782	220	925.891
RAC p/ irrigação superficial	1.463	6.159.610	1.097	4.619.708	732	3.079.805	366	1.539.903

Fonte: Os autores

As Tabelas 4 e 5 demonstram os potenciais de redução na exploração pelo uso de equipamentos economizadores e sistemas de reúso em RRMA. Nesta faixa de renda, equipamentos economizadores se mostraram estratégias bastante eficazes para redução da exploração. Considerando o Cenário 3 de Brasília e Águas Claras, o uso dos equipamentos economizadores terá um potencial de redução de 4598x10³.m³/ano, o que representa uma economia de R\$19.356.687,00 para CAESB. O sistema RAC apresentou a maior capacidade de redução, atingindo o máximo 18.174x10³.m³/ano e mínimo de 4544x10³.m³/ano no Cenário 4.

Tabela 4 - Potencial de redução na exploração dos recursos hídricos pelo uso de equipamentos economizadores em Residências de Renda Média Alta

RESIDÊNCIAS DE RENDA MÉDIA ALTA				
	Cenário 1 (x10 ³ .m ³ /ano)	Cenário 2 (x10 ³ .m ³ /ano)	Cenário 3 (x10 ³ .m ³ /ano)	Cenário 4 (x10 ³ .m ³ /ano)
EQUIPAMENTO ECONOMIZADOR				
Restritor de Vazão em torneiras de banheiros	1.872	1.404	936	468
Válvula de descarga 6 litros	1.411	1.058	705	353
Válvula de descarga dual flush (3/6 litros)	2.441	1.831	1.221	610
Sensor em torneira de cozinha	1.655	1.241	827	414
Restritor de Vazão em torneiras de cozinha	1.112	834	556	278
Restritor de Vazão em torneiras de tanque	488	366	244	122
Lavadora de alta pressão	190	142	95	47
Sistema de irrigação automática	27	20	14	7
TOTAL (x10³.m³/ano)	9.196	6.897	4.598	2.299
ECONOMIA GERADA (R\$/ano)	38.713.373	29.035.030	19.356.687	9.678.343

Fonte: Os autores

Tabela 5 - Potencial de redução na exploração dos recursos hídricos pelo uso de sistemas de reúso em Residências de Renda Média Alta

RESIDÊNCIAS DE RENDA MÉDIA ALTA								
	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3		Cenário 4	
	Pot. Red. (x10 ³ .m ³ /ano)	Economia (R\$/ano)	Pot. Red. (x10 ³ .m ³ /ano)	Economia (R\$/ano)	Pot. Red. (x10 ³ .m ³ /ano)	Economia (R\$/ano)	Pot. Red. (x10 ³ .m ³ /ano)	Economia (R\$/ano)
SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA CONSUMO BASE								
Cisterna 1m ³ - Reúso1	190	799.391	142	599.543	95	399.696	47	199.848
Cisterna 5m ³ - Reúso1	217	913.590	163	685.192	109	456.795	54	228.397
Cisterna 10m ³ - Reúso1	217	913.590	163	685.192	109	456.795	54	228.397
Cisterna 15m ³ - Reúso1	244	1.027.789	183	770.842	122	513.894	61	256.947
SISTEMAS DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZAS PARA CONSUMO REDUZIDO								
Sistema de tratamento de águas cinzas - reúso3	18.174	76.513.157	13.631	57.384.868	9.087	38.256.578	4.544	19.128.289
SISTEMAS DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS PARA CONSUMO REDUZIDO								
Sistema de tratamento de águas residuárias - reúso 2	4.530	19.071.190	3.397	14.303.392	2.265	9.535.595	1.132	4.767.797

Fonte: Os autores

Em RRMB e RRB, o único sistema de reúso viável é o RAC pela prática "balde e tonel", que reutiliza as águas provenientes das máquinas de lavar roupas

para lavagem de pisos. Nessas faixas de renda, essa estratégia apresenta um potencial de redução que pode chegar à $1555 \times 10^3 \text{m}^3/\text{ano}$ em RRMB e $1113 \times 10^3 \text{m}^3/\text{ano}$, conforme apresentado nas Tabelas 6 e 7 abaixo.

Tabela 6 - Potencial de redução na exploração dos recursos hídricos pelo uso de sistemas de reúso em Residências de Renda Média Baixa

RESIDÊNCIAS DE RENDA MÉDIA BAIXA								
	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3		Cenário 4	
	Pot. Red. ($\times 10^3 \text{m}^3/\text{ano}$)	Economia (R\$/ano)	Pot. Red. ($\times 10^3 \text{m}^3/\text{ano}$)	Economia (R\$/ano)	Pot. Red. ($\times 10^3 \text{m}^3/\text{ano}$)	Economia (R\$/ano)	Pot. Red. ($\times 10^3 \text{m}^3/\text{ano}$)	Economia (R\$/ano)
SISTEMAS DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZAS PARA CONSUMO BASE								
<i>Sistema balde e tonel - 300L</i>	1.555	6.545.365	1.166	4.909.024	777	3.272.683	389	1.636.341

Fonte: Os autores

Tabela 7 - Potencial de redução na exploração dos recursos hídricos pelo uso de sistemas de reúso em Residências de Renda Baixa

RESIDÊNCIAS DE RENDA BAIXA								
	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3		Cenário 4	
	Pot. Red. ($\times 10^3 \text{m}^3/\text{ano}$)	Economia (R\$/ano)	Pot. Red. ($\times 10^3 \text{m}^3/\text{ano}$)	Economia (R\$/ano)	Pot. Red. ($\times 10^3 \text{m}^3/\text{ano}$)	Economia (R\$/ano)	Pot. Red. ($\times 10^3 \text{m}^3/\text{ano}$)	Economia (R\$/ano)
SISTEMAS DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZAS PARA CONSUMO BASE								
<i>Sistema balde e tonel - 300L</i>	1.113	4.685.730	835	3.514.298	557	2.342.865	278	1.171.433

Fonte: Os autores

O uso de equipamentos economizadores de água em RRMB pode atingir uma redução que chega $11.685 \times 10^3 \text{m}^3/\text{ano}$, ou R\$49.193.589,00 anuais. Em RRB, a redução chega à $23.475 \times 10^3 \text{m}^3/\text{ano}$. Mesmo o cenário menos otimista dessa faixa de renda apresenta resultados significativos: $5.869 \times 10^3 \text{m}^3/\text{ano}$, ou R\$ 24.706.999,00, conforme Tabelas 8 e 9.

Tabela 8 - Potencial de redução na exploração dos recursos hídricos pelo uso de equipamentos economizadores em Residências de Renda Média Baixa

RESIDÊNCIAS DE RENDA MÉDIA BAIXA				
	Cenário 1 ($\times 10^3 \text{m}^3/\text{ano}$)	Cenário 2 ($\times 10^3 \text{m}^3/\text{ano}$)	Cenário 3 ($\times 10^3 \text{m}^3/\text{ano}$)	Cenário 4 ($\times 10^3 \text{m}^3/\text{ano}$)
EQUIPAMENTO ECONOMIZADOR				
<i>Restritor de Vazão em torneiras de banheiros</i>	704	528	352	176
<i>Válvula de descarga 6 litros</i>	933	700	466	233
<i>Válvula de descarga dual flush (3/6 litros)</i>	1.587	1.191	794	397
<i>Sensor em torneira de cozinha</i>	1.227	921	614	307
<i>Restritor de Vazão em torneiras de cozinha</i>	1.031	773	516	258
<i>Restritor de Vazão em torneiras de tanque</i>	98	74	49	25
<i>Máquina de Lavar roupas de alta eficiência</i>	5.973	4.480	2.987	1.493

Bocal da mangueira de fechamento automático	82	61	41	20
Reparo de vazamento	49	37	25	12
TOTAL (x10.m³/ano)	11.685	8.764	5.842	2.921
ECONOMIA GERADA (R\$/ano)	49.193.589	36.895.192	24.596.794	12.298.397

Fonte: Os autores

Tabela 9 - Potencial de redução na exploração dos recursos hídricos pelo uso de equipamentos economizadores em Residências de Renda Baixa

RESIDÊNCIAS DE RENDA BAIXA				
	Cenário 1 (x10³.m³/ano)	Cenário 2 (x10³.m³/ano)	Cenário 3 (x10³.m³/ano)	Cenário 4 (x10³.m³/ano)
EQUIPAMENTO ECONOMIZADOR				
Restritor de Vazão em torneiras de banheiros	2.128	1.596	1.064	532
Válvula de descarga 6 litros	1.663	1.247	831	416
Válvula de descarga dual flush (3/6 litros)	2.594	1.945	1.297	648
Sensor em torneira de cozinha	2.328	1.746	1.164	582
Restritor de Vazão em torneiras de cozinha	2.228	1.671	1.114	557
Máquina de Lavar roupas de alta eficiência	11.006	8.254	5.503	2.751
Bocal da mangueira de fechamento automático	166	125	83	42
Reparo de vazamento	1.363	1.022	682	341
TOTAL (x10.m³/ano)	23.475	17.606	11.737	5.869
ECONOMIA GERADA (R\$/ano)	98.827.997	74.120.998	49.413.999	24.706.999

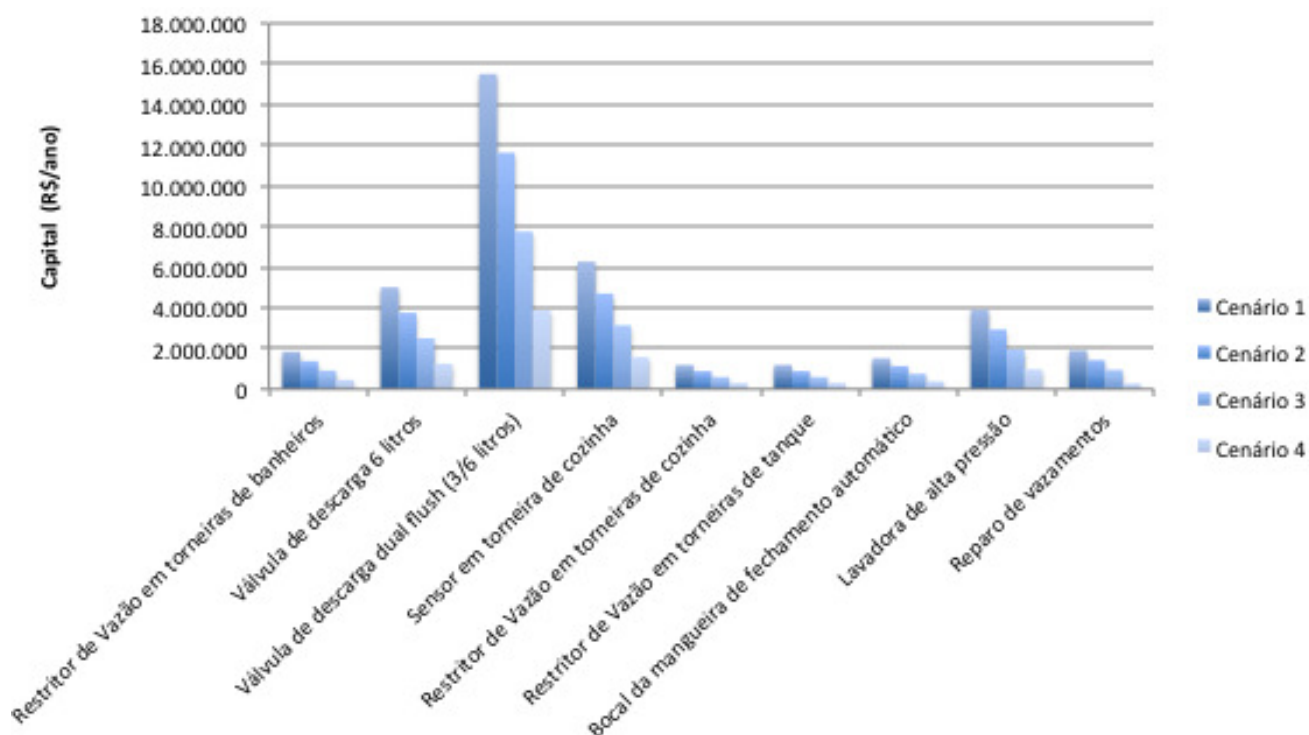
Fonte: Os autores

3 AVALIAÇÃO FINANCEIRA DA REDUÇÃO DA EXPLORAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS PELO EMPREGO DE TECNOLOGIAS CONSERVADORAS DE ÁGUA

A avaliação financeira da redução da exploração dos recursos hídricos em RRA demonstrou que as lavadoras de alta pressão, as válvulas de descarga de 6 litros e *dual-flush* apresentaram os maiores custos unitários e *payback* (Gráfico 1), porém estes equipamentos têm um alto potencial de redução de água para estas faixas de renda. Por isso, visando reduzir ao máximo a exploração dos recursos hídricos, os órgãos locais poderiam investir na distribuição de equipamentos de menor custo para esta faixa de renda e promover benefícios que estimulassem os moradores a investirem nestes equipamentos por conta própria.

O reparo de vazamentos nestas tem um potencial de redução de 7,4% no consumo, e apresenta um baixo custo de implementação e um *payback* de aproximadamente 1 ano, um dos menores dentre os equipamentos analisados. Por isso, esta seria uma estratégia ótima para investimento por parte dos órgãos locais.

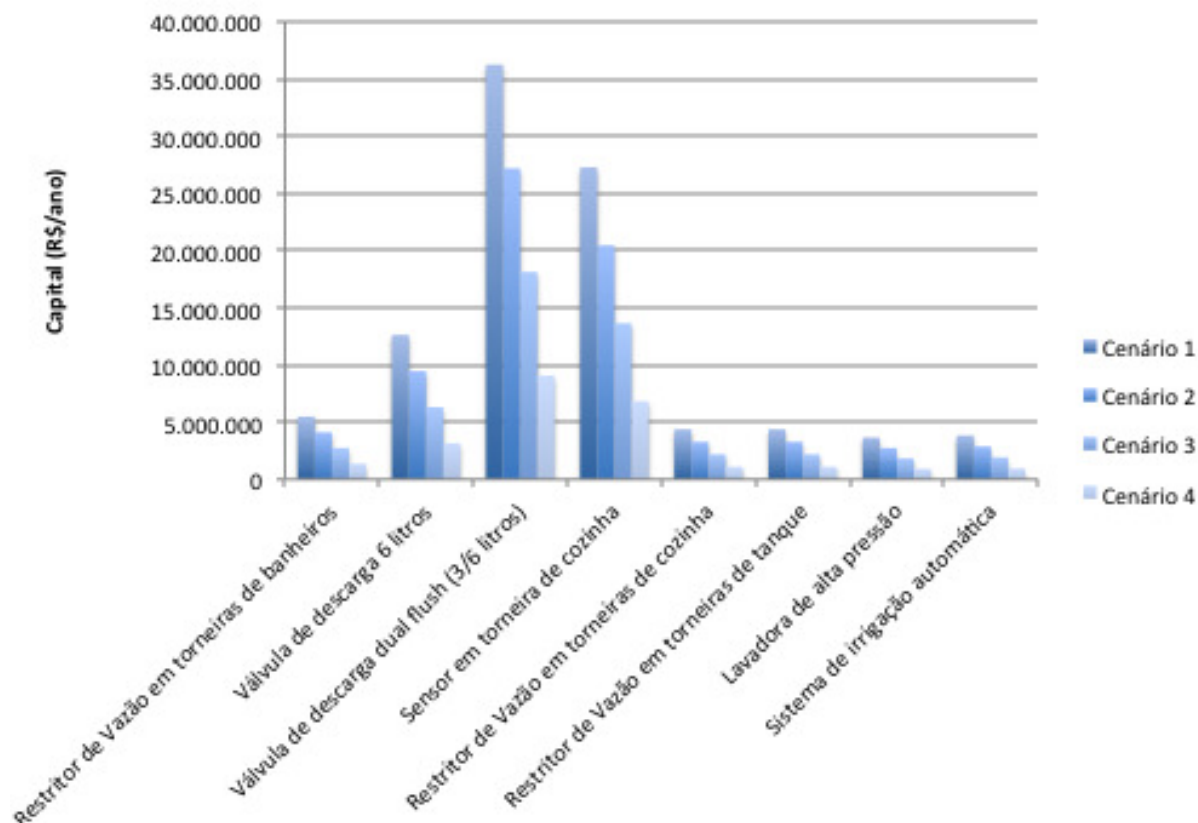
Gráfico 1 - Custo capital para implementação de equipamentos economizadores de água em RRA



Fonte: Os autores

Uma das estratégias com maior potencial de redução da exploração dos recursos hídricos em RRMA é a válvula de descarga *dual flush*, conforme Gráfico 2 abaixo. Porém, esta estratégia necessita de maior capital de investimento. Por isso, nesta faixa de renda, os órgãos locais poderiam promover benefícios que estimulasse os moradores investirem nestes equipamentos por conta própria a fim de alcançar um maior potencial de redução.

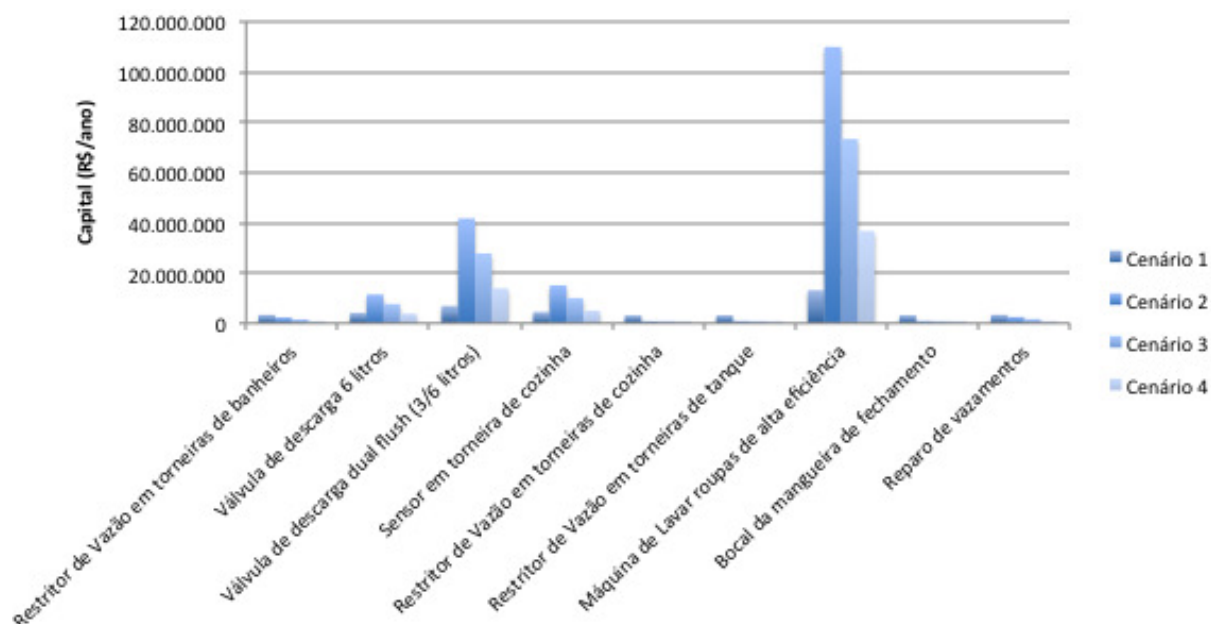
Gráfico 2 - Custo Capital para implementação de equipamentos economizadores de água em RRMA



Fonte: Os autores

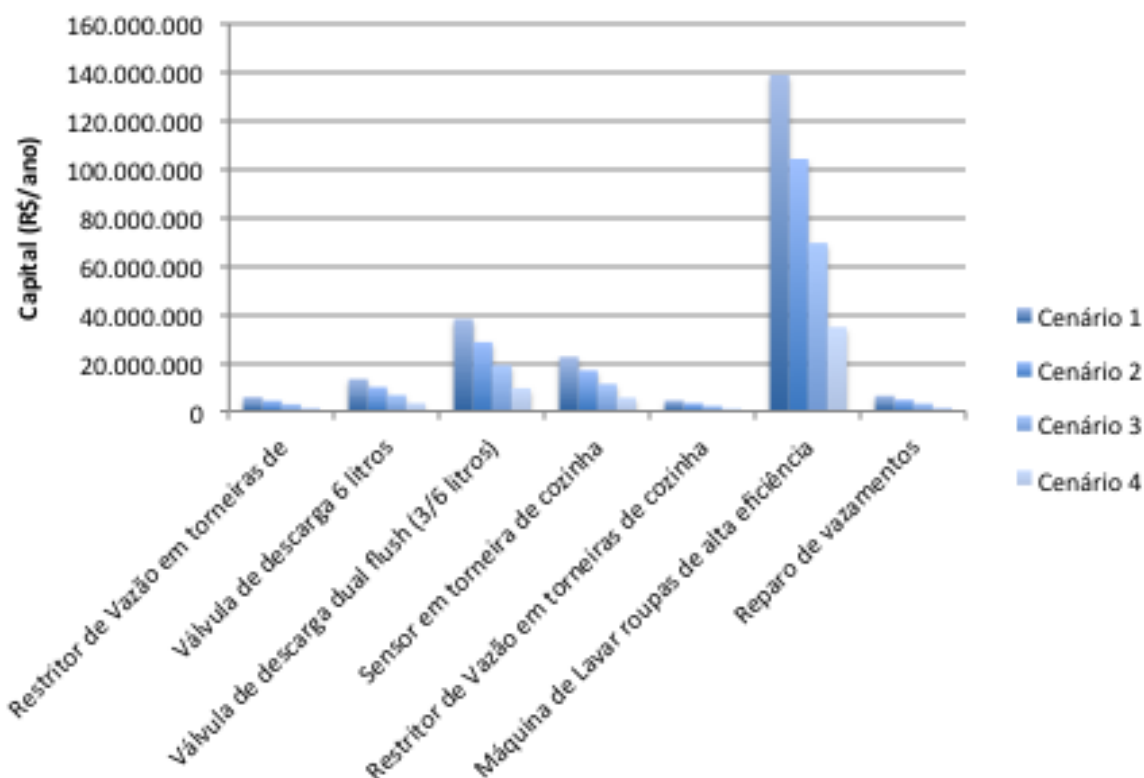
Dentre os equipamentos economizadores de água, a máquina de lavar roupas de alta eficiência é o que apresenta um maior potencial de redução para RRMB e RRB (36%). Uma vez que este é o equipamento que possui o maior valor unitário, os custos para sua implementação são demasiadamente altos (Gráficos 3 e 4). Por isso, o incentivo por órgãos competentes deveriam ser relativos ao seu uso, promovendo benefícios para as residências que a utilizassem. Por outro lado, os restritores de vazão em torneiras apresentam altos percentuais de redução e baixos custos de implementação, sendo, portanto, a estratégia mais viável para investimento por parte dos órgãos locais.

Gráfico 3 - Capital para implementação de equipamentos economizadores de água em RRB



Fonte: Os autores

Gráfico 4 - Capital para implementação de equipamentos economizadores de água em RRB



Fonte: Os autores

Com relação aos sistemas de reúso, o sistema APP utilizando cisternas de 40m³ para reúso 3 promovem a maior redução na exploração em RRA,

porém apresentam os maiores custos de implementação e maior *payback*, 34 anos, independente do cenário. O sistema de menor custo de implementação de sistemas APP para esta faixa de renda seria a cisterna de 1m³ para reúso 1, que varia entre R\$20.374.449 no maior Cenário 1 e R\$4.036.291 no menor Cenário 4. O período de *payback* deste sistema é de aproximadamente 8 anos e meio. Estes custos e *payback* são altos quando comparados aos equipamentos economizadores, o que demonstra que não vale a pena o governo investir nestes sistemas, mas, devido ao grande potencial de redução de água gerado, vale a pena o investimento por parte dos residentes. Desta forma, valeria a pena o governo pensar em benefícios para as residências que fizessem uso destas estratégias.

Os sistemas de RAC utilizando a “prática balde e tonel” apresentam um baixo custo de implementação: no Cenário 1 do Lago Norte seria de R\$1.044.730 com um *payback* de apenas 6 meses. Demonstrando ser viável financeiramente.

Em RRMA, os sistemas RAC e RAR para consumo reduzido apresentam o maior potencial de redução no consumo, porém seus custos de implementação são altos considerando o investimento em todas as residências. O *payback* destes sistemas é de aproximadamente 7 anos. O investimento neste tipo de sistema deve ser feito pelo próprio residente, e vale a pena devido ao alto potencial de redução de água. A fim de contribuir para isto, os órgãos responsáveis podiam investir em benefícios para quem fizesse uso desta estratégia, diminuindo, desta forma, os impactos sobre os recursos hídricos do DF.

Em RRMB e RRB. Nesta faixa o maior *payback* se deu para Ceilândia e Samambaia, 3 e 2 anos, respectivamente. O maior custo de implementação no Cenário 1 foi para Taguatinga, com um total de R\$6.358.821. Percebe-se que, para esta faixa de renda, o investimento nestes sistemas é uma estratégia viável devido à sua alta capacidade de redução de água e baixo custo de implementação.

4 CONCLUSÕES

Os equipamentos economizadores foram capazes de promover as maiores reduções na exploração dos recursos hídricos podendo chegar a 3.778x10³.m³/ano caso seja implementado em RRA (Cenário 1), 9196x10³.m³/ano em RRMA, 11.685x10³.m³/ano em RRMB, 23.475x10³.m³/ano em RRB. Em função de seu baixo custo e alto nível de reduções, em geral, equipamentos economizadores de água apresentaram um *payback* curto, entre 3 e 6 anos. Entre eles, destacam-se lavadoras de alta pressão, vasos sanitários de descarga reduzida, *dual flush* e restritores de vazão.

No que se diz respeito aos sistemas de reúso, os sistemas AAP utilizando cisternas de 40m³ em reúso 3, se mostraram uma estratégia extremamente eficaz em RRA, promovendo reduções capazes de atingir 3352x10³.m³/ano. Em RRMA, o sistema mais eficaz foi RAC para reúso 3, atingindo um potencial de redução de até 18.174x10³.m³/ano. Em RRMB e RRB, o único sistema de

reúso viável foi o reúso de águas cinzas pela prática tonel e balde, que apresentaram um *payback* curto (entre 1 e 3 anos).

Apesar do estudo apresentar informações relevantes voltadas a gestão da demanda de água pelo uso de tecnologias conservadoras de água em diferentes tipologias e faixas de renda, podemos ressaltar que a principal limitação deste estudo encontra-se no fato de que nem todas as regiões administrativas do Distrito Federal foram analisadas, o que abre caminho para futuros estudos em busca de maiores informações.

REFERÊNCIAS

CAESB. **Siágua 2011: Sinopse do Sistema de Abastecimento de Água do Distrito Federal**. 19ª Ed. Brasília: Caesb, 2011.

CAESB. **Siágua 2014: Sinopse do Sistema de Abastecimento de Água do Distrito Federal**. 22ª Ed. Brasília: Caesb, 2014.

CAESB. **Relatório de indicadores de desempenho da Caesb**. Edição 2015. Brasília: Caesb, 2015.

PDAD. **Pesquisa distrital por amostra de domicílios**. Diretoria de estudos e pesquisas socioeconômicas. Codeplan. Brasília, 2014.

SANT'ANA, D. **Domestic water use and water conservation in the Federal District, Brazil**. Tese (Doutorado) – Oxford Institute for Sustainable Development, Oxford Brookes University. Oxford, 2011. 392 p.