

## **II-244 – ESTUDO DA VIABILIDADE FINANCEIRO-AMBIENTAL DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E ÁGUA CINZA EM ESCALA DOMICILIAR**

**Hugo Henrique de Simone Souza<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental formado pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e Mestrando em Meio Ambiente, Águas e Saneamento pela Universidade Federal da Bahia.

**Fernando Jorge Corrêa Magalhães Filho**

Mestrando pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

**Jhonatan Barbosa da Silva**

Doutorando pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

**Marc Árpád Boncz**

Professor doutor da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

**Paula Loureiro Paulo**

Professora doutora da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Aristides Novis, 02 - Universidade Federal da Bahia - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Federação - Salvador - BA - CEP: 40210-630 - Brasil - Tel: (71) 9308-7709 - e-mail: hugohenriquesouza@gmail.com

### **RESUMO**

As fontes alternativas de água de reuso vêm conquistando espaço nas necessidades do homem na atualidade. A importância da preservação dos recursos hídricos, aliada à escassez de água e ao problema das enchentes, são fatores que motivaram este crescimento, atingindo diversos seguimentos nas diferentes classes sociais. O presente trabalho analisa o potencial de retorno financeiro e os benefícios ambientais gerados a partir de um investimento em um sistema de captação de água de chuva e um sistema de tratamento de água cinza clara para uma residência composta por três habitantes. Utilizou-se o Valor Presente Líquido (VPL) como metodologia de cálculo, possibilitando analisar as duas hipóteses propostas, de maneira que na Hipótese 1 o *payback* ocorreu no 21º ano e na Hipótese 2 no 18º ano, para uma taxa de 1%. Uma habitação de três pessoas com um telhado de área de 96 m<sup>2</sup>, um consumo médio de água de 161,32 l/hab/dia e um reservatório de 5 m<sup>3</sup>, pode reduzir o volume de descarga no sistema de drenagem pluvial municipal em 33,1 %. O tratamento de água cinza clara pode trazer uma redução de 57,64 % de esgoto descartado no sistema público. O reuso da água gerada pelas fontes alternativas pode reduzir 26,26 % do consumo de água potável fornecida pelas empresas de saneamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Captação de água de chuva, reuso de água, valor presente líquido, *payback*.

### **INTRODUÇÃO**

O consumo de águas de qualidades diferentes, que atendam aos usos potáveis e aos não potáveis, deve ser incorporado às ações de conservação. O consumo de água não potável em áreas urbanas e em edificações reduz proporcionalmente o consumo de água bruta que seria captada para efeito de potabilização. Permite assim a sua disponibilização para demandas que não seriam atendidas sem a ação conservacionista (Gonçalves, 2009).

O uso de sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais propicia, além de benefícios de conservação de água e de educação ambiental, a redução do escoamento superficial e a conseqüente redução da carga nos sistemas urbanos de coleta de águas pluviais e o amortecimento dos picos de enchentes, contribuindo para a redução de inundações (FIESP, 2005).

A reutilização de águas residuárias pode ser considerada como uma medida de controle da poluição, pois, com a adoção de tal prática, evita-se o lançamento de esgotos nos corpos d'água. Mesmo tratados, os esgotos oferecem riscos ao ambiente. O reuso dos mesmos, de forma controlada, pode significar a proteção dos recursos hídricos (MOTA, 2006).

Segundo Philippi Jr (2003), de maneira resumida os critérios gerais norteados de um programa de reuso quanto à qualidade da água produzida devem levar em consideração:

- Não resultar em riscos sanitários à população;
- Não causar nenhum tipo de objeção por parte dos usuários;
- Não acarretar prejuízos ao meio ambiente;
- A fonte de água que será submetida a tratamento para posterior reuso deve ser quantitativa e qualitativamente segura;
- A qualidade da água deve atender às exigências relativas aos usos a que ela se destina.

Segundo Gonçalves (2009) a escolha do sistema ideal será balizada pela qualidade necessária da água de reuso, fato relacionado diretamente com os usos propostos. Os principais usos propostos para as águas cinza tratadas concorrem com aqueles sugeridos também para a utilização das águas de chuva coletadas em uma edificação:

- Rega de jardins, gramados e áreas verdes;
- Descarga de vaso sanitário;
- Limpeza de pisos e pátios;
- Lavagem de automóveis;
- Água de reserva para combate a incêndios;
- Processos industriais, etc.

Algumas prefeituras (como é o caso de Campo Grande – MS) estão utilizando como incentivo o IPTU Ecológico, que reduz o imposto predial com uma concessão de benefício tributário até o limite de 10%. Para a obtenção dos benefícios no IPTU, deverão ser adotadas as seguintes medidas:

- a) Sistema de captação da água da chuva;
- b) Sistema de reuso de água;
- c) Sistema de aquecimento hidráulico solar;
- d) Sistema de aquecimento elétrico solar;
- e) Construções com material sustentável.

Em relação ao ISS de Construção (Imposto Sobre Serviço), o benefício fiscal somente será concedido no caso de construções novas e reformas de edificações que obedçam aos critérios previstos, desde que o pagamento seja efetuado no ato da liberação do alvará da construção. O desconto ocorre como descrito a seguir:

- I - 4% para as medidas descritas nas alíneas a e b;
- II - 2% para as medidas descritas nas alíneas c e d;
- III - 4% para a medida descrita na alínea e.

Sempre será necessária a realização de estudos econômicos adequados para verificar a viabilidade de se efetuarem os investimentos para a separação e tratamento de água cinza em edifício. Essa avaliação pode levar em conta a utilização de águas pluviais, proporcionando melhores condições para a viabilidade econômica (FIESP, 2005).

Esses benefícios são tão importantes que tornam meramente subsidiárias as análises de custo e benefício como elemento de decisão para a implementação de projetos de reuso, principalmente em países em desenvolvimento, ou em rápido estágio de industrialização, como é o caso do Brasil (Philippi Jr, 2003).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O estudo foi realizado em uma residência localizado no município de Campo Grande, estado de Mato Grosso do Sul. Esta abriga uma família de três pessoas (um casal de adultos e um bebê). O lote da residência possui área de 480,00 m<sup>2</sup> sendo 204,05 m<sup>2</sup> de área construída.

A estimativa de consumo de água na residência é de extrema importância para seleção dos produtos mais adequados necessários ao funcionamento do sistema, buscando dimensioná-lo a obter maior potencial de reuso de água.

Foi levado em conta às necessidades da família que habita a residência em estudo, e para isso, foi elaborado e aplicado um questionário relacionado aos hábitos de uso da água, incluindo rotinas, tipos de cosméticos e

produtos de limpeza utilizados, atendendo, assim, aos picos de vazão que ocorrem na residência e a demanda de água de reuso (tanto de água cinza como água de chuva).

O questionário ainda permitiu que fosse estimada a quantidade de efluente gerado com a utilização das unidades hidrossanitárias. Também foram analisadas as contas de água dos moradores da residência, obtendo-se uma média do consumo total de água.

Para escolha dos equipamentos necessários para compor os sistemas foi realizada uma pesquisa de preços em lojas de materiais de construção, com mestres de obras, pedreiros, e em *sites* da internet, inclusive estatísticas orçamentais de mão de obra e insumos na construção civil, como da SINAP e SINDUSCON-MS, para a obtenção de produtos com boa qualidade, financeiramente viável e dentro da realidade de mercado.

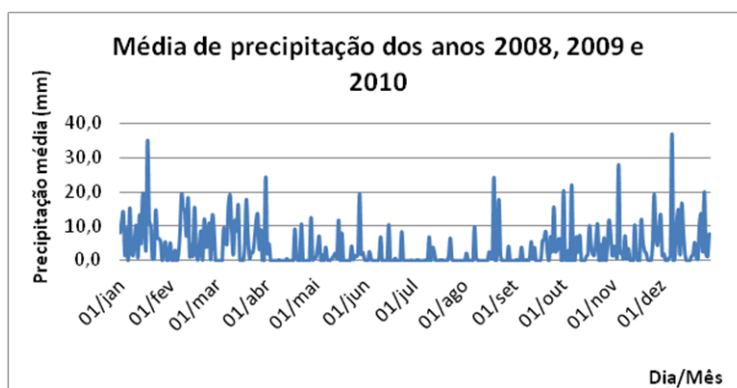
## ÁGUA DE CHUVA

A superfície para captação de água de chuva considerada são os telhados. Este foi construído de telha de concreto e possui área disponível de 96 m<sup>2</sup>. As calhas necessárias para a condução da água de chuva a partir da superfície do telhado foram fabricadas em aço galvanizado.

A cisterna (que fica enterrada) foi pré-fabricada bem como o sistema de descarte de primeira água de chuva. O volume da cisterna é de 5 m<sup>3</sup>.

A água gerada pelo sistema de captação de água de chuva proposto será utilizada para fins não potáveis, mais precisamente para o suprimento de três bacias sanitárias existentes na residência e lavagem de piso. Já a água gerada pelo sistema proposto de tratamento de água cinza, também será utilizada para fins não potáveis, porém como paisagismo e rega de jardim.

Os dados das precipitações utilizados no estudo foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET referentes à estação CAMPO GRANDE - A702, no período de 01/01/2008 até 31/12/2010, e estão apresentados na figura 1.



**Figura 1: Precipitações de Campo Grande - MS.**  
**Fonte: Inmet**

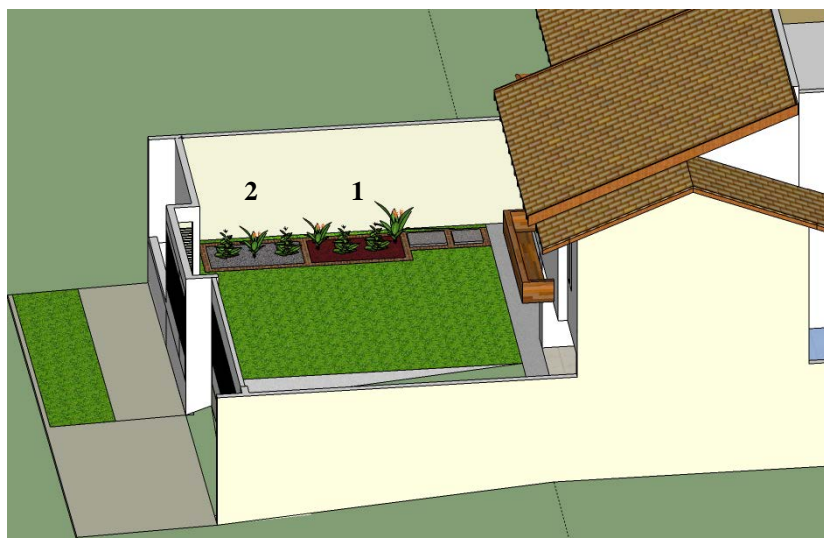
Foram consideradas nos cálculos de viabilidade, duas hipóteses relativas à aquisição dos produtos necessários ao funcionamento do sistema de captação de água de chuva. Na primeira delas, o sistema será mais sofisticado, com equipamentos que promovem maior qualidade da água de reuso. Na segunda, serão considerados apenas os equipamentos básicos que constituem o sistema, permitindo realizar uma comparação entre as alternativas.

Na primeira hipótese o sistema contará com sifão ladrão (faz o controle do nível para que não ocorra o transbordamento da cisterna, sendo de formato sifonado para impedir a entrada de insetos e roedores no reservatório), freio d'água (instalado no fundo da cisterna para reduzir a velocidade de entrada da água filtrada e evitar o revolvimento das partículas finas decantadas no reservatório), conjunto flutuante de sucção (capta a água próxima a superfície para evitar o carregamento de sólidos) e bomba submersa tipo sapo.

Na segunda hipótese o sistema contará com filtros para descarte da água de lavagem da superfície do telhado, sifão ladrão e bomba de recalque, dispensando os demais equipamentos da primeira hipótese.

## ÁGUA CINZA

O sistema EvapAC (Evapotranspiração de Águas Cinza), para tratamento e reúso de águas cinza, é baseado na combinação de uma câmara de evapotranspiração (CEvap) seguida do wetland construído de fluxo horizontal subsuperficial (CW-FHS), como ilustrado na figura 2. Nesse sistema, parte do efluente será evapotranspirado e parte será tratado ao longo da segunda unidade.



**Figura 2: Ilustração do posicionamento do sistema de tratamento de água cinza na residência.**  
**Legenda: 1 – CEvap; 2 – CW-FHS.**

A dimensão total do sistema é de  $1 \times 1,5 \times 8 \text{ m}^3$  (altura x largura x comprimento), de maneira a atender a geração de água cinza clara da família. O sistema foi preenchido com substratos e foi realizada a seleção das plantas utilizadas no sistema, bem como no projeto de paisagismo que absorverá a água tratada.

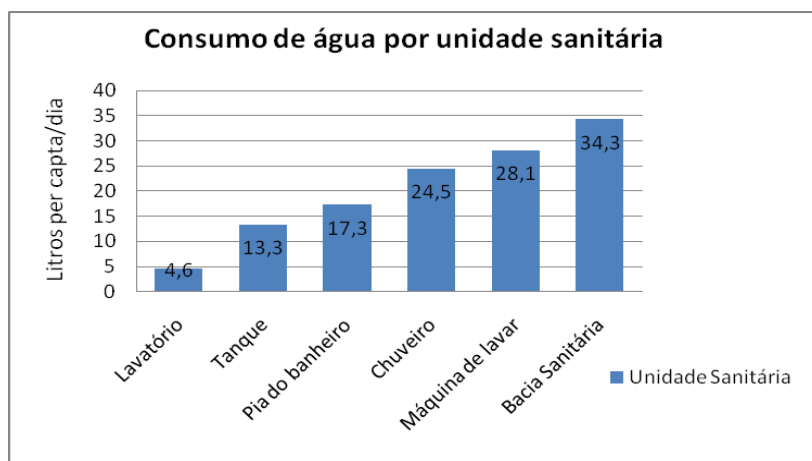
A pesquisa dos equipamentos disponíveis no mercado para a construção do sistema de tratamento de água cinza foi realizada em duas etapas, sendo a primeira relativa à construção do tanque de suporte do sistema, e a segunda relativa à impermeabilização do tanque. Os materiais de enchimento característicos da porção wetland e da porção CEvap também foram considerados, e se baseiam em entulho cerâmico, brita, areia grossa e terra.

Ainda, para a instalação do sistema de captação de água de chuva e do sistema de tratamento do água cinza, foi necessária a obtenção de algumas peças, tendo que ser inseridas nos cálculos por serem essenciais aos seus funcionamentos, como tubos e joelhos PVC, bomba elétrica, etc.

## RESULTADOS

A figura 3 foi gerada a partir do questionário de consumo de água aplicado na família que habita a residência em estudo, e representa o consumo de água por cada unidade hidrossanitária utilizada pelos membros da família.

A média do consumo total de água na residência em estudo foi de  $14,72 \text{ m}^3/\text{mês}$  (baseada na análise das contas de água da família).



**Figura 3: Consumo de água por unidade hidrossanitária**

Foi calculada a quantidade de água capturada por dia pela superfície do telhado baseando-se nos dados de precipitação do município de Campo Grande - MS. A partir daí, foi analisado a porcentagem de água que é descartada (overflow) quando o volume da cisterna está totalmente cheio, considerando que além do acúmulo positivo promovido pela chuva, o volume de água na cisterna varia também em função do consumo de água pela família da residência. A Figura 4 representa o potencial de aproveitamento de água de chuva para a residência em estudo.



**Figura 4: Previsão de acumulação de água na cisterna durante as diferentes estações do ano.**

Pode-se verificar que a cisterna terá água praticamente o ano todo, inclusive nos períodos de estiagem, necessitando do mínimo de suprimento de água potável para as descargas das bacias sanitárias da residência. O overflow do sistema é previsto em 66,9%. O aproveitamento de água de chuva poderia ser otimizado aumentando o volume do reservatório de maneira que diminuísse o overflow e reduzindo ainda mais a necessidade de fornecimento de água potável pelas empresas de saneamento, liberando a água da fonte alternativa para os demais usos não-potáveis (lavagem de roupas, por exemplo).

A geração de água cinza clara por pessoa considerada no estudo foi de  $97,7 \text{ L.dia}^{-1}$  (60% do consumo total de água), totalizando 292,97 L diários entrando no sistema de tratamento. Segundo Gonçalves (2009)  $0,3 \text{ L.m}^2.\text{dia}$  são utilizados para rega de plantas de um jardim. No estudo, serão considerados que 4,5 litros de água cinza tratada serão utilizados diariamente para regar  $15 \text{ m}^2$  de área plantada na residência.

## VIABILIDADE FINANCEIRA

O custo com a implantação do sistema de captação de água de chuva na primeira hipótese foi estimado em R\$ 4.893,11. Já o custo para a segunda hipótese foi estimado em R\$ 3957,95. O custo com a implantação do sistema de tratamento da água cinza foi estimado em R\$ 2285,63 (Totalizando todos os materiais, peças, instalações hidráulicas e mão de obra necessária). Foram desconsiderados os custos de manutenção e operação dos sistemas, sendo que poderão ser realizados pelos próprios moradores da residência.

O valor venal do imóvel é de R\$ 282.760,00 gerando uma tarifa de IPTU de R\$ 2827,60 anualmente. Com a instalação dos sistemas, o desconto anual em cima deste valor previsto pelo Imposto Ecológico será de R\$ 113,10.

No início da obra da residência foi gerado um boleto de pagamento referente ao imposto sobre serviço (ISS), no valor de R\$ 4027,88. Com a instalação dos sistemas, o desconto previsto pelo Imposto Ecológico será de R\$ 161,12.

Como 100% do suprimento necessário para a descarga das bacias sanitárias será proveniente do sistema de captação de água de chuva, podemos considerar que 3,13 m<sup>3</sup>/mês serão reduzidos no consumo de água potável da residência. Esta economia representará R\$ 118,64 ao ano. A redução do consumo de água potável com a lavagem de pisos irá trazer uma economia de R\$ 17,86 ao ano.

A economia gerada pela reutilização de água cinza tratada foi de R\$ 4,07 ao ano. O volume estimado para geração esgotos na residência foi de 366,3 l/dia. Subtraindo os volumes específicos das bacias sanitárias e da pia da cozinha teremos o volume de 211,5 l/dia que representará a redução de efluente na rede pública após a instalação dos sistemas. A receita gerada por esta economia foi de R\$ 134,32 ao ano.

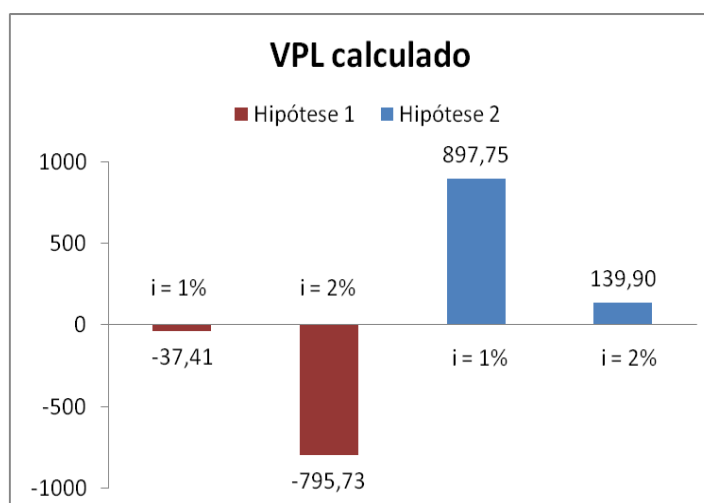
## VALOR PRESENTE LÍQUIDO

No balanço geral, a implantação dos sistemas alternativos propostos na primeira hipótese terá um custo total de R\$ 7178,74. A implantação para a segunda hipótese terá um custo de R\$ 6136,46.

A economia anual em termos financeiros prevista com a instalação dos sistemas é de R\$ 387,99. A partir daí, verificou-se o investimento para as taxas mínimas de atratividade de 1% e 2% com período de 20 anos. A Tabela 1 e a Figura 5 ilustram os resultados obtidos.

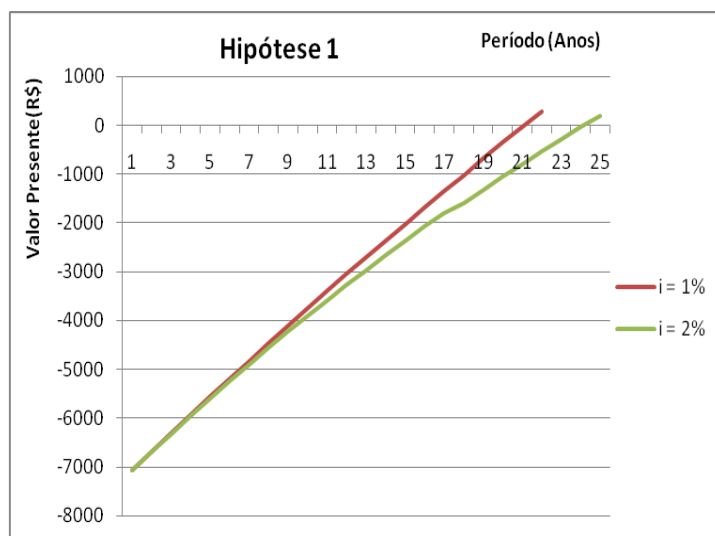
**Tabela 1: Resultados obtidos com o cálculo do VPL para 20 anos de projeto**

Alternativa	Taxa Mínima de Atratividade (i)	VPL (R\$)	Payback (ano)
Hipótese 1	1%	- 37,41	21
	2%	-795,73	24
Hipótese 2	1%	+897,75	18
	2%	+139,90	20



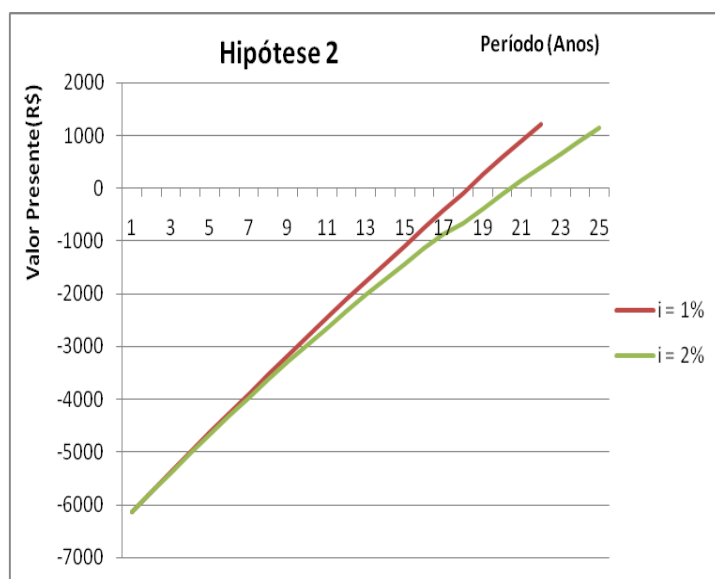
**Figura 5: Resultados obtidos com o cálculo do VPL para 20 anos de projeto**

A Figura 6 ilustra a evolução do Valor Presente para as diferentes taxas de atratividade ao longo do tempo para a primeira hipótese.



**Figura 6: Evolução do VP para a Hipótese 1**

A Figura 7 ilustra este mesmo quadro para a segunda hipótese. Por um longo período após o investimento o Valor Presente se mantém negativo, sendo que quanto maior a taxa de juros, mais tarde ocorrerá o *payback* dos sistemas.



**Figura 7: Evolução do VP para a Hipótese 2**

## CONCLUSÕES

Uma habitação de três pessoas com um telhado com uma área de cerca de 96 m<sup>2</sup>, um consumo médio de água de 161,32 l/hab/dia e um reservatório de 5 m<sup>3</sup>, podem reduzir o volume de descarga no sistema de drenagem pluvial municipal em 33,1 %.

O tratamento de água cinza clara pode trazer uma redução de 57,64 % de esgoto descartado no sistema público.



O reúso da água gerada pelas fontes alternativas pode reduzir 26,26 % do consumo de água potável fornecida pelas empresas de saneamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FIESP. Conservação e reúso da água em edificações. ProI Editora Gráfica, São Paulo, 2005.
2. GALBIATI, A. F. Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração. 2009. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS.
3. GONÇALVES, R. F. (coord.); *et al.* PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. 2009. Rio de Janeiro: ABES.
4. INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br).
5. JURISDIÇÃO. Lei Complementar nº 150/2010. Disponível em: <http://contadez.cenofisco.com.br>.
6. PHILIPPI JR, A. Reúso de água: uma tendência que se firma. In: Reúso de Água. Barueri, SP. Manole, 2003.
7. MOTA, S. Introdução a Engenharia Ambiental. 4 ed. Rio de Janeiro (RJ): ABES, 2006.
8. SINAPI. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Disponível em: <http://webp.caixa.gov.br/casa/sinapi/index.asp>
9. SINDUSCON. Sindicato intermunicipal da indústria da construção. Disponível em: <http://www.sindusconms.com.br>