



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE MICTÓRIO SECO

LUCAS BARROS FIGUEIREDO DE MORAIS

JOÃO PESSOA – PB

2018

LUCAS BARROS FIGUEIREDO DE MORAIS

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE MICTÓRIO SECO

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal da
Paraíba como requisito parcial à obtenção
do título de bacharel em Engenharia Civil

Orientador: Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Junior

JOÃO PESSOA – PB

2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M827e Morais, Lucas Barros Figueiredo de.

Estudo de viabilidade econômica do uso de mictório seco
/ Lucas Barros Figueiredo de Morais. - João Pessoa,
2018.

50 f. : il.

Orientação: Prof Gilson Barbosa Athayde Junior.
Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Mictório seco, Mictório sem água, Economia de água.
I. Barbosa Athayde Junior, Prof Gilson. II. Título.

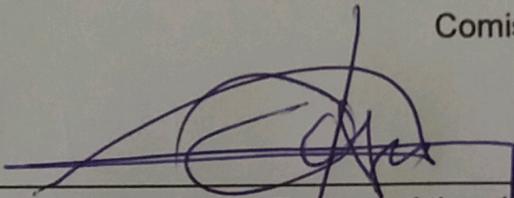
UFPB/BC

FOLHA DE APROVAÇÃO

LUCAS BARROS FIGUEIREDO DE MORAIS

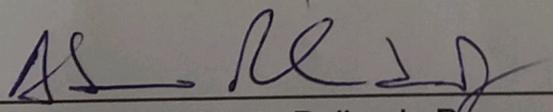
ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE MICTÓRIO SECO

Trabalho de Conclusão de Curso defendido em 29/10/2018 perante a seguinte
Comissão Julgadora:



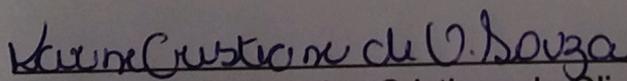
Professor Dr. Gilson Barbosa Athayde Junior
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



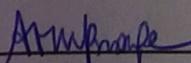
Professor Dr. Adriano Rolim da Paz
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



Professora Dra. Karine Cristiane de Oliveira Souza
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Aprovado



Professora Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga
Matricula Siape: 1668619
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida, me abençoando com saúde, sabedoria e resiliência para enfrentar os desafios da vida.

A minha mãe, pelo apoio e dedicação em todos os momentos da minha caminhada, sobretudo durante a graduação.

Aos amigos de graduação, Gilberto, Mateus Queiroga, Jonas Dantas, Lucas Cavalcanti, Jessé Jr, Leandro, Guilherme, Rhuan, Manuela, Darcy e Bárbara pelo suporte e companheiro durante esta caminhada.

Ao Professor Orientador Gilson Barbosa pela orientação deste trabalho.

RESUMO

O problema da escassez da água tem se agravado com o passar do tempo, causando racionamentos em diversas regiões principalmente nos grandes centros urbanos. Para assegurar a disponibilidade com foco no desenvolvimento sustentável, torna-se necessário o desenvolvimento de políticas de uso racional da água, e dentro deste contexto, a utilização de aparelhos economizadores de água surge como uma das alternativas para a conservação e uso eficiente da água. Dentre os aparelhos economizadores de água, os mictórios secos, surgem como uma solução ainda mais eficiente, uma vez que não utilizam água no processo de descarga e podem ser uma boa alternativa para amenizar os efeitos da escassez hídrica. Se por um lado os mictórios secos trazem benefícios econômicos pela economia de água, por outro lado existem o custo de aquisição do aparelho sanitário e os custos de operação que são o gel responsável pelo selo hídrico e o cartucho que o acondiciona. Neste trabalho foi desenvolvido um estudo de viabilidade econômica do uso de mictório seco. O estudo foi dividido em três cenários e em cada uma deles, comparou-se a utilização do mictório seco em relação a um aparelho sanitário correspondente. O cenário 1 avaliou a substituição do mictório convencional pelo mictório seco (economia de 1,0 L/uso). O cenário 2 avaliou a utilização de mictório seco em relação a uma bacia sanitária de acionamento duplo (economia de 3,0 L/uso). E no cenário 3, verificou-se a viabilidade da utilização de mictório seco em relação a uma bacia sanitária de acionamento único (economia de 6,0 L/uso). Na categoria residencial considerou ainda as diferentes tarifas cobradas pela concessionária de abastecimento de água. Foram calculados os indicadores econômicos Período de retorno (PR), valor presente líquido (VPL), razão benefício/custo (B/C) e taxa interna de retorno (TIR), ambos para uma vida útil de projeto de 20 anos e valores referente à cidade de João Pessoa- PB, em função da quantidade média de usos por dia. Para a categoria residencial, a utilização de mictório seco não é viável no cenário 1. No cenário 2, existiu viabilidade a partir da tarifação intermediária (padrão médio) e utilizações acima de 17 usos/dia. Esse valor é de 10 usos/dia para a tarifa de maior valor (padrão alto). No cenário 3, a utilização de mictório seco se tornou viável economicamente para utilização acima de 10 usos/dia, para a tarifa popular, 6 usos para a tarifa de padrão médio e 4 usos/dia para a tarifa de padrão alto. Para as categorias comercial, industrial e público, ocorre viabilidade econômica em todos os casos. Para estas categorias, o cenário 1 foi o que apresentou valores mais elevados de utilizações por dia para se tornar viável. Esses valores foram 39 usos/dia para a categoria comercial, 29 usos/dia para a categoria industrial e 30 usos/dia para a categoria público. No cenário 2, a viabilidade econômica ocorre para quantidades de utilizações bem menores. Esses valores são: 7 usos/dia para a categoria comercial, e 6 usos/dia para a categoria industrial e público. No último cenário, o resultado foi igual para ambas as categorias, sendo necessário valores acima de apenas 3 usos/dia para existir viabilidade econômica.

ABSTRACT

The problem of water scarcity has worsened over time, causing rationing in several regions, especially in large urban centers. To ensure availability with a focus on sustainable development, it is necessary to develop policies for the rational use of water and the use of water-saving appliances appears as one of the alternatives for the conservation and efficient use of water. Among water-saving appliances, waterless urinals appear as a more efficient solution, since they do not use water in the discharge process and can be a good alternative to mitigate the effects of water scarcity. If on the one hand the waterless urinals bring economic benefits for water saving, on the other hand there are the cost of purchasing the sanitary appliance and the operating costs that are the seal responsible to replace the water seal and the cartridge that packs it. In this work an economic feasibility study of the use of waterless urinal was developed. The study was divided in three scenarios and in each of them the use of the waterless urinal was compared with a corresponding sanitary appliance. The scenario 1 evaluated the replacement of the conventional urinal by waterless urinal (saving of 1.0 L / use). The scenario 2 evaluated the use of waterless urinal in comparison to a double-acting sanitary basin (saving of 3.0 L / use). And in scenario 3, it verified the viability of the use of waterless urinal in comparison to a sanitary basin of single drive (economy of 6.0 L / use). In the residential category, it also considered the different tariffs charged by the water supply concessionaire. The economic indicators were: return period (PR), net present value (NPV), benefit / cost ratio (B / C) and internal rate of return (TIR), both for a project life of 20 years and reference values to the city of João Pessoa-PB Brazil, according to the average number of uses per day. For the residential category, the use of waterless urinal is not feasible in scenario 1. In scenario 2, there is viability from intermediate charging (average standard) and uses above 17 uses / day. This value is 10 uses / day for the highest value tariff (high standard). In scenario 3, the use of dry urinal becomes economically viable for use above 10 uses / day, for the popular rate, 6 uses for the average standard rate and 4 uses / day for the high standard rate. For the commercial, industrial and public categories, economic viability occurs in all cases. For these categories, scenario 1 was the one that presented higher values of uses per day to become viable. These values were 39 uses / day, for the commercial category, 29 uses / day, for the industrial category and 30 uses / day for the public category. In scenario 2, economic viability occurs for much smaller amounts of use. These values are: 7 uses / day for the commercial category, and 6 uses / day for the industrial and public category. In the last scenario, the result was the same for both categories, being necessary values above only 3 uses / day to exist economic viability.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição dos recursos hídricos e densidade demográfica do Brasil	4
Tabela 2 - Consumo de água do mictório com e sem dispositivo economizador.....	Erro! Indicador não definido.
Tabela 3 - Tabela tarifária CAGEPA 2018	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição da água do planeta.....	3
Figura 2 - Usos da água no Mundo e no Brasil.....	5
Figura 3 - Distribuição do uso da água no SENAI de Florianópolis.....	6
Figura 4 - Selo hídrico em bacia sanitária	8
Figura 5 - Caixa acoplada a esquerda e Válvula de descarga a direita.....	9
Figura 6 – Modelo de bacia sanitária à vácuo	9
Figura 7 - Modelo de sanitário de caixa acoplada VDR.....	10
Figura 8 Dispositivo de descarga de duplo acionamento	11
Figura 9 - Mictório tipo calha com descarga contínua	11
Figura 10 Mictório seco tipo membrana Figura.....	11
Figura 11 - Esquema do selo hídrico e vista do mictório seco	15
Figura 12 - Taxa Selic entre 2013 e 2018	24
Figura 13 - Modelo do mictório seco utilizado para o estudo.	25
Figura 14 - Processo de recarga do cartucho.	26
Figura 15 - Período de retorno categoria residencial cenário 2.....	29
Figura 16 - VPL categoria residencial cenário 2.....	30
Figura 17 - Benefício/custo categoria residencial cenário 2	30
Figura 18 – TIR categoria residencial cenário 2.....	31
Figura 19 - Período de Retorno categoria residencial cenário 3.....	32
Figura 20 - VPL categoria residencial cenário 3	33
Figura 21 - Benefício/custo categoria residencial cenário 3	33
Figura 22 - TIR categoria residencial cenário 3	34
Figura 23 - Período de retorno categorias comercial industrial e público cenário 1.....	35
Figura 24 - VPL categorias comercial industrial e público cenário 1.....	36
Figura 25 - Benefício/custo categorias comercial industrial e público cenário 1	36
Figura 26 - TIR categorias comercial industrial e público cenário 1.....	37
Figura 27 - Período de retorno categorias comercial industrial e público cenário 2.....	38
Figura 28 - VPL categorias comercial industrial e público cenário 2.....	38
Figura 29 - Benefício/custo categorias comercial industrial e público cenário 2	39
Figura 30 - TIR categorias comercial industrial e público cenário 2.....	39
Figura 31 - Período de retorno categorias comercial industrial e público cenário 3.....	40
Figura 32 - VPL categorias comercial industrial e público cenário 3.....	41
Figura 33 - Benefício/custo categorias comercial industrial e público cenário 3.	41
Figura 34 - TIR categorias comercial industrial e público cenário 3.....	42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivo geral	2
1.2. Objetivo específico.....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Disponibilidade dos recursos hídricos	3
2.2. Demanda dos recursos hídricos.....	4
2.2.1. Uso Industrial e Agropecuário.....	5
2.2.2. Uso Comercial e Público	5
2.2.3. Uso Doméstico	6
2.3. Programas desenvolvidos	7
2.4. Tipos de bacias sanitárias.....	8
2.4.1. Quantidade de água utilizada	10
2.5. Mictório convencional.....	11
2.6. Mictório seco	14
2.6.1. Vantagens do mictório seco	16
2.6.2. Desvantagens do mictório seco.....	17
2.7. Viabilidade econômica	18
2.7.1. Período de Retorno do Capital – PRC.....	19
2.7.2. Valor Presente Líquido – VPL.....	19
2.7.4. Taxa Interna de Retorno – TIR	20
3. METODOLOGIA	22
3.1. Cenários adotados	22
3.1.1. Cenário 1	22
3.1.2. Cenário 2	23
3.1.3. Cenário 3	23
3.2. Categorias adotadas	23
3.3. Taxa de atratividade mínima	24
3.4. Custos de implantação.....	24
3.5. Custos de operação	25
3.6. Benefícios econômicos	27

4. RESULTADOS	28
4.1. Categoria Residencial	29
4.2. Categorias Comercial, Industrial e Público.....	35
5. CONCLUSÕES.....	44
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
Anexo A – Modelo da planilha de cálculo – Cenário 2 – Categoria industrial	49

1. INTRODUÇÃO

A escassez hídrica é um problema que não está apenas relacionado às necessidades básicas do ser humano, mas também influencia diretamente no desenvolvimento econômico e social de um país ou região. Infelizmente essa é a realidade de várias cidades brasileiras, cujo abastecimento de água está ameaçado tanto pela quantidade quanto pela qualidade da água.

Crises de abastecimento de água estão se tornando cada vez mais frequentes em vários locais devido ao crescimento populacional, falta de gerenciamento adequado dos recursos hídricos, poluição dos mananciais, mudanças de hábitos de consumo da população e longos períodos de estiagem (GONÇALVES, 2006).

Neste contexto, o uso racional da água deve ser incentivado pelo poder público e praticado pela população, consistindo em ações que podem ser: detecção e combate a vazamentos, utilização de fontes alternativas e uso de aparelhos economizadores de água.

Aparelhos economizadores são equipamentos e acessórios hidráulicos que apresentam uma maior eficiência no uso da água quando comparados aos equipamentos convencionais (HAFNER, 2007). São alguns exemplos mais conhecidos desses aparelhos: redutores de vazão, aeradores, torneiras com fechamento automático, válvula de descarga com duplo acionamento e mictórios com válvula hidromecânica de fechamento automático.

Como alternativa ainda mais eficiente, tem-se utilizado bastante nos EUA e Europa, mictórios que não utilizam água. Eles possuem um sistema interno que evitam que o mau cheiro retorne ao ambiente e que não haja proliferação de bactérias.

No Brasil, a experiência com esse tipo de aparelho sanitário ainda é pouca, dessa forma, estudos nessa área contribuem para maior utilização deste aparelho economizador. Além dos benefícios ambientais, por não utilizar nenhuma quantidade de água em seu funcionamento, os mictórios secos podem trazer benefícios econômicos, posto que, com o aumento da escassez da água, o custo desse bem tem se tornado cada vez maior.

Deste modo, a relevância deste trabalho fundamenta-se na possibilidade de desenvolver um estudo de viabilidade econômica de mictórios seco em comparação aos aparelhos economizadores convencionais correspondentes, para que a problemática da escassez da água seja minimizada.

1.1. Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar a viabilidade econômica do uso de mictórios seco como proposta de substituição de aparelhos economizadores convencionais correspondentes.

1.2. Objetivo específico

- Avaliar a viabilidade econômica, considerando os custos de instalação e manutenção e os benefícios econômicos;
- Analisar os indicadores de viabilidade econômica (Período de retorno, Valor Presente Líquido, Relação Benefício/Custo e Taxa Interna de Retorno) em função da quantidade média de usos por dia para cada mictório.

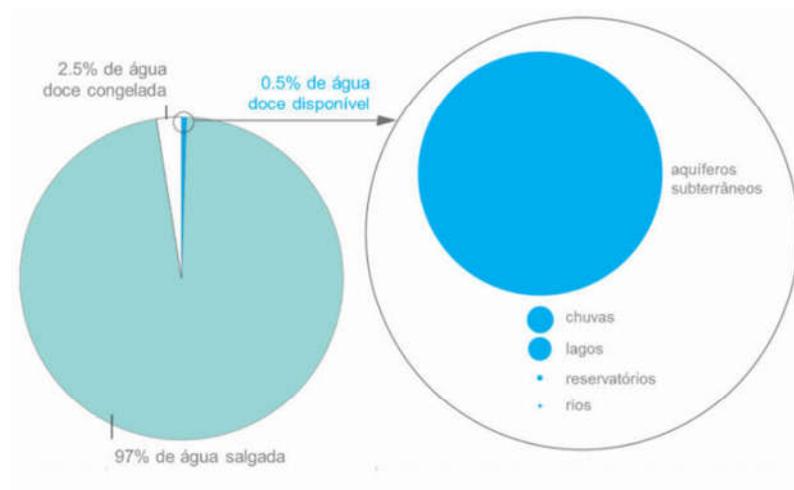
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Disponibilidade dos recursos hídricos

Embora a superfície do planeta Terra seja composta de 71% de água, segundo dados da ONU (2006), apenas 3,0% dessa água é doce, das quais 2,5% encontram-se em geleiras. Dos 0,5% de água restante no mundo, a maior parte está em aquíferos subterrâneos, dificultando sua utilização. Logo, a maior parte da água no planeta é imprópria ou inacessível ao consumo.

Apenas 0,04% da água disponível no planeta está disponível na superfície em rios, lagos, reservatórios, etc, como mostra a figura abaixo.

Figura 1 - Distribuição da água do planeta



Fonte: ONU, 2006

Além de ser um recurso limitado, há de se considerar a importante heterogeneidade na distribuição espacial dos recursos hídricos no Brasil e no Mundo. 60% da água doce disponível estão concentradas em 10 países: Brasil, Rússia, China, Canadá, Indonésia, EUA, Índia, Colômbia e Congo. Mesmo sendo o Brasil detentor de 13,7% de toda água doce superficial, 70% desse recurso se encontram na região amazônica.

As regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil concentram a maior parte dos recursos hídricos (tabela 1), entretanto apresentam densidade populacional relativamente baixa, enquanto as regiões Sudeste e Nordeste concentram a menor parcela de água e são responsáveis pelo abastecimento de mais de 70% da população brasileira (IDEC, 2005).

Tabela 1 - Distribuição dos recursos hídricos e densidade demográfica do Brasil

Região	Densidade demográfica (hab/km²)	Concentração dos recursos hídricos do Brasil
Norte	4,12	68,5%
Nordeste	34,15	3,3%
Centro-Oeste	8,75	15,7%
Sudeste	86,92	6,0%
Sul	48,58	6,5%

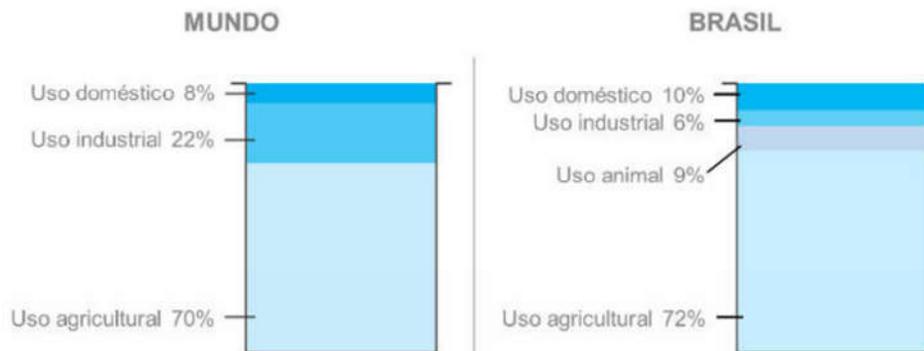
Fonte: IBGE/ Agência Nacional das Águas (2010)

No cenário estadual, a Paraíba sofre com a escassez dos recursos hídricos, devido, principalmente, as suas características físico-climáticas, posto que quase 90% do território encontram-se inserido na região semi-árida, caracterizada pela baixa pluviosidade e irregularidade do regime de chuvas, (ANA, 2010).

2.2. Demanda dos recursos hídricos

A maior parte de água da água doce do planeta é utilizada para irrigação, cerca de 70%. A indústria utiliza cerca de 20% da água e o uso doméstico cerca de 8%. Nos países desenvolvidos, esses números mudam, com mais água alocada na indústria e menos na agricultura. Os números para o Brasil são: 72% da água para agricultura, 9% para a pecuária, 6% para a indústria e 10% para o uso doméstico, conforme a figura 2, (ANA, 2015).

Figura 2 - Usos da água no Mundo e no Brasil



Fonte: Mundo: "Water for People, Water for Life" United Nations World Water Development Report, UNESCO, 2003; Brasil: Agência Nacional de Águas, 2016

2.2.1. Uso Industrial e Agropecuário.

O uso da água nos setores agropecuário e da indústria representa uma parcela significativa no consumo global, estas atividades estão diretamente relacionadas com o desenvolvimento econômico e social dos países, uma vez que participam dos processos de produção, principalmente no de alimentos. Dessa forma, a expectativa é que essa demanda por água continue sempre crescendo e em contrapartida a oferta deste recurso tende a reduzir cada vez mais.

2.2.2. Uso Comercial e Público

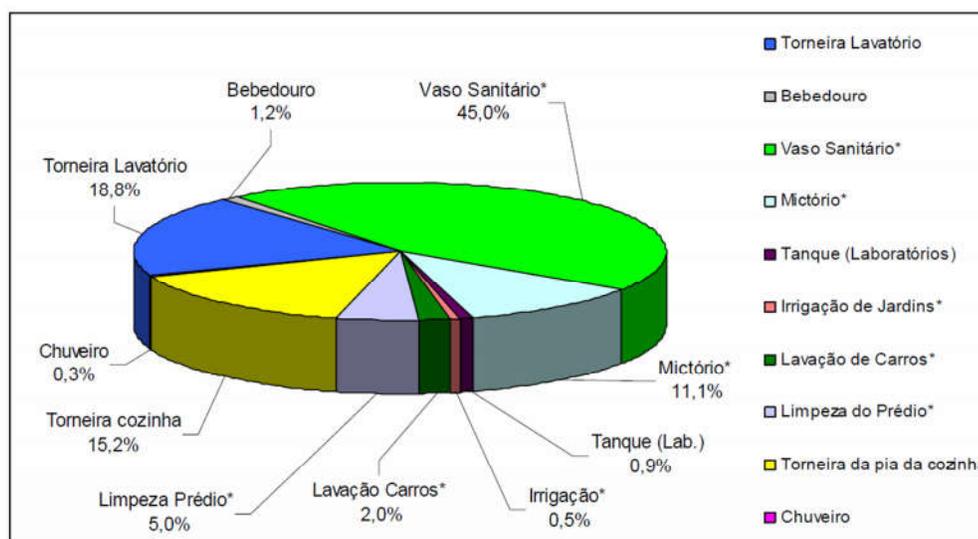
Nos prédios comerciais e públicos é difícil caracterizar a distribuição média do uso de água devido a grande variedade na natureza das atividades exercidas nas edificações. A única forma de conhecer o consumo e sua distribuição pelos aparelhos hidráulicos é através de monitoramento.

Fasola et al., (2011) verificaram através de estudo em duas escolas, uma municipal e uma estadual, de Florianópolis. Na escola municipal, o principal consumidor de água foi a cozinha uma vez que havia elaboração de refeições diárias (68,8% do consumo) seguido pela bacia sanitária (19,6%). Já na escola estadual, o mictório foi o responsável pelo maior consumo (37,7%), isso ocorreu devido a uso fluxo contínuo de água porque não havia nenhum dispositivo que

controlasse o uso da água. O segundo maior consumo ficou por conta das bacias sanitárias (29,8%).

Em outro trabalho, Marinusk (2007) contabilizou a distribuição do uso da água no Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) de Florianópolis. Neste caso, a bacia sanitária continuou sendo o aparelho a utilizar maior quantidade de água (45%) e o mictório atingiu os 11% de consumo.

Figura 3 - Distribuição do uso da água no SENAI de Florianópolis



Fonte: Marinusk (2007)

Kammers & Ghisi (2006) apud Zenaide (2016), em análise de usos finais de água potável, verificaram que os maiores consumos de água, em edifícios públicos de Florianópolis, ocorreram em vasos sanitários e mictórios, concluindo que, em média, 77% da água utilizada nos edifícios públicos é consumida por esses aparelhos.

2.2.3. Uso Doméstico

De acordo com Rodrigues (2005), somente o consumo residencial chega a representar quase 85% do uso total da água em áreas urbanas, a exemplo da cidade de Vitória-ES. Segundo dados da Universidade Federal de São Paulo (1995), as bacias sanitárias correspondem a 29% do total consumido em uma residência, sendo este o ponto de maior gasto. Para edificações comerciais, os mictórios podem chegar a representar 50% do consumo total de água.

Dessa forma, pode-se concluir que medidas que visam a economia de água direcionadas a bacias sanitárias e mictórios, terão maior impacto na redução do consumo. Nesse sentido, é necessário um enfoque maior na conservação e uso racional da água através de estudos e programas de conservação e uso racional da água.

2.3. Programas desenvolvidos

Com o objetivo de conservar e reduzir o consumo de água em edificações, vários estudos foram realizados e programas foram criados nesse sentido. Destacam-se entre esses programas o PNCD (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água) em 1997 criado pelo Ministério do Meio Ambiente, o PURA (Programa de Uso Racional de Água) lançado em 1996 pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo em parceria com a Escola Politécnica da USP e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e o PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico), instituído em 1996 pela FINEP.

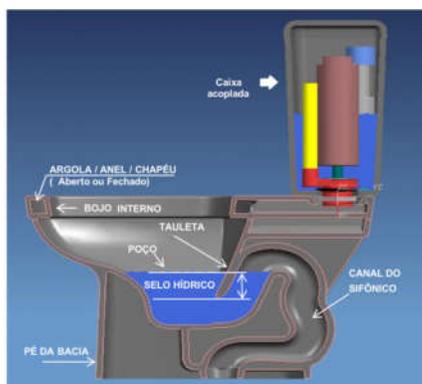
Esses programas apresentam objetivos de promover o uso racional da água e desenvolver tecnologias de produtos e processos que possibilitem o uso eficiente da água. Como soluções, esses programas apresentam algumas alternativas para a conservação e uso racional de água, são elas: controle de perdas físicas, uso de fontes alternativas como o aproveitamento de água de chuva e reuso de águas servidas, individualização da medição, políticas de conscientização e por fim a utilização de aparelhos economizadores.

2.4. Tipos de bacias sanitárias

De acordo Oliveira (2002), a primeira bacia sanitária capaz de prover sua própria limpeza foi inventada pelo inglês chamado Joseph Bramah em 1788. O modelo durou por mais de cem anos e era chamado de bacia de válvula. Com o passar do tempo, inúmeros modelos de bacia sanitária e sistemas de acionamento foram inventados até se chegar aos modelos comercializados hoje. Thomaz (2001) afirma que existem três tipos básicos de bacia sanitária: à vácuo, à pressão e à gravidade.

As bacias do tipo por gravidade são as mais utilizadas. O acionamento acontece através de uma descarga que libera a água e encaminha os dejetos para a rede de esgoto. Ao finalizar, a quantidade de água remanescente recompõe o selo hídrico (figura 4), responsável por evitar a passagem de gases e odores oriundos do sistema de esgoto como pode ser visto na figura abaixo.

Figura 4 - Selo hídrico em bacia sanitária



Fonte: Celite

Dentro deste grupo de bacias sanitárias por gravidade existem vários sistemas de acionamento, que são fundamentais para o correto funcionamento do equipamento. Os dispositivos de acionamento mais utilizados são os de válvula de pressão e caixa acoplada conforme a figura 5 (GONÇALVES, 2006).

Figura 5 - Caixa acoplada à esquerda e Válvula de descarga a direita



Fonte: maridodealugueljaragua.com.br

As bacias sanitárias à vácuo (figura 6) têm um sistema que gera pressão negativa quando acionada e suga o material necessitando de uma pequena quantidade de água para realizar o processo de limpeza. Para manutenção, a retirada do bacia sanitária a vácuo é facilitada além de que os odores típicos do sistema de coleta de esgoto não são encontrados pela atuação do vácuo (OLIVEIRA, 2002).

As bacias sanitárias com pressão liberam ar comprimido quando se aciona a descarga sendo necessária menor utilização de água para ocorrer o arrasto dos dejetos.

Figura 6 – Modelo de bacia sanitária à vácuo



Fonte: www.super.abril.com.br

2.4.1. Quantidade de água utilizada

De acordo com Mendes (2006), as bacias sanitárias no Brasil consumiam de 12 a 18 litros por descarga. Com o passar do tempo, a preocupação do uso racional da água ficou cada vez mais evidente e, com o avanço da tecnologia nesta área, esses valores tem diminuído.

A partir de 2002, graças ao Programa Setorial da Qualidade de Louças Sanitárias para sistemas prediais (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2004 apud SILVA, 2004), ficou estabelecido como volume máximo de descarga em cerca de 6 litros por acionamento. Esses estudos mostraram que esse volume seria mais eficiente, evitando descargas duplas e, portanto, economizaria maior volume de água. (OLIVEIRA, 2002).

Este tipo de bacia (figura 7), conhecida como VDR (Volume de descarga reduzido), se tornou um tipo de dispositivo economizador de água, fazendo parte de vários programas de uso racional de água. Dentre os benefícios deste tipo de bacia sanitária destaca-se a redução de consumo, redução da água tratada a ser produzida e distribuída pela companhia de distribuição e menor quantidade de recurso mineral a ser extraído do manancial (SANTOS, 2001 apud MENDES, 2006).

Figura 7 - Modelo de sanitário de caixa acoplada VDR



Fonte: do Autor

Atualmente existe no mercado um sistema de descarga que economiza ainda mais água, conhecidos como dual flush. Esse dispositivo permite ao usuário a possibilidade de escolha entre dois volumes, 6 litros para a descarga de resíduos fecais e de 3 litros para a descarga urina. (Figura 8)

Figura 8 Dispositivo de descarga de duplo acionamento



Fonte: Celite

2.5. Mictório convencional

São aparelhos sanitários destinados, em sua maioria, para homens, embora já existam modelos femininos (figura 9), e são amplamente encontrados em banheiros de estabelecimentos comerciais, industriais e público. Existem dois tipos de mictórios: os coletivos e os individuais

O mictório do tipo coletivo, usualmente confeccionados de chapas de aço ou de alvenaria é composto por calha coletora podendo ser utilizado por varias pessoas ao mesmo tempo. O consumo de água destes aparelhos hidráulicos pode ser elevado uma vez que em alguns casos o fluxo de água é contínuo sem nenhum sistema de descarga apropriado. (Figura 10)

Figura 9 - Mictório feminino



Fonte: aldojr2.wordpress.com

Figura 10 - Mictório coletivo com descarga contínua



Fonte: <http://michelpena.blogspot.com>

Os mictórios individuais são geralmente fabricados em louça, podendo ser apoiados no piso, ou suspensos fixado na parede. Estes tipos de mictórios são os mais encontrados em ambientes de grande utilização como shoppings centers, aeroportos e instituições públicas. Gonçalves (2006) destaca a importância desses aparelhos sanitários em banheiros públicos, bem como induzem a oportunidade de propor sua utilização também em banheiros residenciais, devido a grande quantidade de água empregada na utilização de bacias sanitárias para o despejo de dejetos líquidos.

Os aparelhos utilizados no controle de descarga destinados a limpeza dos mictórios são, geralmente:

- Válvula temporizada:

Estes dispositivos funcionam com acionamento programado para um determinado tempo. Possuem a desvantagem em relação à economia de água, de possibilitar o desperdício, uma vez que a válvula é acionada independente do mictório está sendo utilizado ou não.

- Válvula com acionamento por sensor de presença:

A descarga é ativada automaticamente 15 ou 20 segundos após a sua utilização. Esta tecnologia traz benefícios quanto à economia de água, pois aciona a descarga racionalmente apenas após a utilização do mictório, entretanto, os valores desses dispositivos são elevados podendo inviabilizar sua utilização em muitos casos além de que pode ser alvo de vandalismo que aumentaria ainda mais seus custos de manutenção. A Figura 11 mostra um conjunto de mictórios com sensor de presença.

Figura 11 - Conjunto de mictórios com sensor de presença



Fonte: Dracoeletronica.com.br

- Válvula de fechamento automático:

Este equipamento é o mais comum encontrado em mictórios devido seu custo competitivo em relação às tecnologias já citadas. Esse sistema de corpo metálico é acionado pelo usuário liberando o fluxo de água para a limpeza da bacia do mictório. Após o acionamento ocorre o fechamento gradual da válvula pela ação hidromecânica da mesma. O consumo de água deste dispositivo depende do tempo de acionamento do botão, desgaste do mecanismo e da pressão hidráulica disponível no ponto de utilização. A figura 12 mostra um mictório com válvula hidromecânica de fechamento automático.

Figura 12 - Mictório com válvula de fechamento automático



Fonte: O Autor

O consumo médio dos mictórios que utiliza válvula hidromecânica de fechamento automático é de cerca de 1,0 litro por descarga segundo o manual de gerenciamento para controladores de consumo de água da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (2009).

2.6. Mictório seco

São mictórios que não utilizam água para sua limpeza. É fabricado em fibra de vidro com poliéster, cuja superfície é revestida com uma substância repelente a líquidos. Segundo SHMIDT (2003), a eliminação da água no processo de coleta da urina não afeta negativamente o desempenho do aparelho, salvo algumas deficiências oriundas da má instalação e manutenção do mictório.

Atualmente, no Brasil, existem dois tipos de dispositivos que equipam os mictórios sem água: os de membrana (figuras 13 e 14) e os de selo hídrico de gel (figura 15).

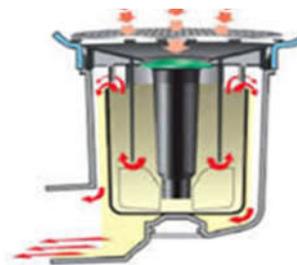
O primeiro possui um sistema interno de vedação por membrana que permite a passagem da urina e garante uma vedação evitando que o mal cheiro retorne ao ambiente. A alta durabilidade do seu cartucho proporciona um ciclo de 7500 utilizações. O produto tem design antivandalismo, com sifão integrado e de fácil instalação. É recomendado uma limpeza periódica com produto desinfetante para limpar qualquer resquício de urina que possivelmente fique aderido a parede do mictório.

Figura 14 - Mictório seco tipo membrana



Fonte: DECA 2018.

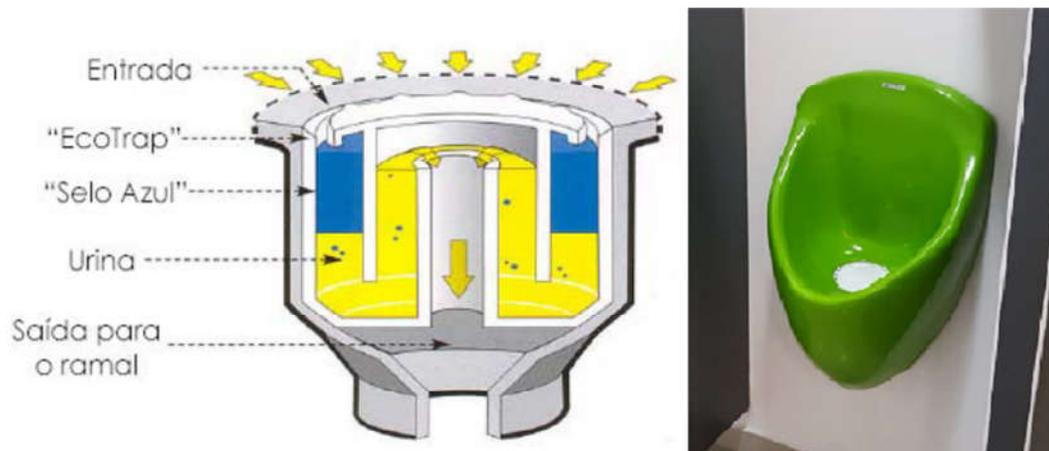
Figura 13 - Sistema de vedação tipo membrana



Fonte: GONÇALVES 2009.

O segundo modelo de mictório que dispensa o uso de água é o que utiliza selo hídrico composto por um gel biodegradável, um cartucho armazena este líquido. A urina ultrapassa o gel, uma vez que é mais densa que este. Assim, não permite a saída dos odores desagradáveis para o ambiente (Figura 15). Além da função de selo hídrico, o gel impede a proliferação de bactérias no cartucho.

Figura 15 - Esquema do selo hídrico e vista do mictório seco



Fonte: www.mictoriosemagua.com

A quantidade de gel acionada por refil é de cerca de 0,088 litros e cada refil suporta cerca de 1500 utilizações. Segundo o fabricante, recomenda-se a substituição do cartucho do selo hídrico em intervalos estimados de acordo com a quantidade de utilizações, esse valor é de 01 cartucho a cada 10.000 utilizações, aproximadamente, devido a desgastes ao longo do tempo, acúmulos de material as paredes do cartucho ou entupimentos de pequenos objetos. O cartucho tem design antivandalismo e só é retirado com o auxílio de uma ferramenta específica fornecida pelo fabricante.

Segundo Vickers (2001, apud SHIMDT, 2003), “o sistema de mictório sem água surgiu na Suíça em meados de 1890, e vários tipos desse mictório têm sido utilizados na Europa a partir dos anos 60. Desde o início dos anos 90, o mictório sem água tem ganho aceitação e tem sido instalado mais frequentemente nos EUA e em outros países”.

De acordo com Shmidt (2003):

“Não evidenciou problemas relacionados a significantes odores dentro dos banheiros equipados com mictório sem água. Entretanto, constaram-se casos de entupimento em alguns mictórios que causaram a acumulação de urina devido a formação de um “bio filme”.

Duas hipóteses foram consideradas para a formação do biofilme. A primeira foi o escoamento do líquido selante e conseqüentemente do bioácido, que inibe a proliferação de bactérias dentro do cartucho. Isso aconteceu devido a algum processo inadequado de limpeza do mictório. A outra hipótese foi relacionada com a velocidade da urina no mictório e também pela tubulação de esgoto. Nesses casos, foram constatadas inclinações inadequadas das tubulações de esgoto.

Nos banheiros onde a tubulação de esgoto foi instalada verticalmente, os mictórios sem água apresentaram melhores performances, mas recomenda-se que um novo caso de estudo com longos períodos de coleta de dados seria necessário para obter melhores conclusões.”

2.6.1. Vantagens do mictório seco

- **Economia de água**

Uma vez que mictórios e bacias sanitárias são responsáveis por grande parte do consumo de água em edificações, os mictórios secos podem economizar de 1,0 a 6,0 litros a cada uso.

- **Baixo custo de manutenção**

A ausência de válvulas para descarga elimina a necessidade de se reparar estes dispositivos. Além do que, transbordamentos devido a entupimentos e vandalismo não é um problema uma vez que grandes quantidades de água não são usadas para a descarga.

- **Melhor higiene**

Fabricantes projetam seus mictórios secos para secarem após utilização, através de superfícies que repelem a água. Isso faz com que diminua a chances de proliferação de vírus e bactérias. Também, uma vez que, não existe a necessidade

de acionar nenhum dispositivo com as mãos, se reduz a disseminação de doenças com esse tipo de transmissão.

- **Ecologicamente correto**

Mictórios secos contribuem positivamente ao meio ambiente. Primeiro, a ausência de água para descarga reduz a demanda por água, podendo reduzir a quantidade retirada de água de mananciais. Por outro lado, menor quantidade de esgoto é gerado, diminuindo o volume a ser tratado.

- **Economia de energia**

A difusão do uso de mictórios secos poderia resultar na redução do uso de energia. Companhias de distribuição de água e tratamento de esgoto teriam a necessidade de bombear e tratar menor quantidade de água.

2.6.2. Desvantagens do mictório seco

- **Aceitação dos usuários**

Em alguns casos, pode haver a relutância de usuários em usar mictórios e conseqüentemente, mictórios secos pela menor privacidade durante o uso do equipamento. Similarmente, auxiliares de limpeza podem hesitar em fazer a manutenção nos acessórios do mictório seco devido ao contato com os cartuchos removíveis que contenham pequenas quantidades de urina.

- **Necessidade de reforma para instalação**

Quando se substitui mictórios convencionais por mictórios secos há necessidade de se remover as válvulas de descarga antigas e fazer o isolamento do ponto de água. Em casos onde a tubulação de esgoto é horizontal, a falta de inclinação adequada pode ocasionar a necessidade de ajuste do mesmo.

- **Necessidade de treinamento da mão de obra para limpeza.**

Devido o modo diferente de manutenção e limpeza em relação aos aparelhos sanitários comuns, existe a necessidade de se treinar a mão de obra que irá fazer esta atividade, caso contrário poderá aumentar os custos de operação do mictório seco.

Com isso, fica evidenciada a preocupação com uma limpeza adequada desses mictórios para um melhor desempenho desses aparelhos e maior durabilidade das suas partes constituintes.

Se por um lado, o mictório seco pode trazer benefícios econômicos pela economia de água alcançada, por outro lado é necessário um investimento mais elevado para aquisição do aparelho e os produtos e equipamentos para mantê-lo adequadamente. Dessa forma, é necessária uma análise econômica aprofundada para se descobrir se além de benefícios ambientais, existem também benefícios econômicos devido a utilização deste tipo de mictório.

2.7. Viabilidade econômica

Considerando que a implantação de um determinado projeto não existe restrições em relação ao desempenho técnico, social e ambiental, faz-se necessário verificar sua viabilidade econômica. Essa viabilidade pode ser avaliada através de métodos que forneçam informações, representadas por valores, cujos resultados auxiliarão na tomada de decisão na implantação ou não do projeto.

Os indicadores utilizados na análise econômica na utilização de mictório seco estão baseados na determinação dos custos e benefícios envolvidos ao longo do tempo para um projeto deste tipo. Os indicadores empregados no estudo de viabilidade econômica foram:

- Período de retorno do capital – PRC
- Valor Presente Líquido - VPL
- Relação Benefício/Custo – B/C
- Taxa Interna de Retorno – TIR

2.7.1. Período de Retorno do Capital – PRC

São dois os indicadores de Período de Retorno do Capital (PRC): O PRC não descontado e o PRC descontado (GOMES, 2005).

O período de retorno não descontado é o tempo em meses ou anos necessário para se conseguir o retorno financeiro do investimento inicial, sem levar em conta a desvalorização do dinheiro ao longo do tempo, devido à inflação por exemplo. O valor do PRC indica quando tempo é necessário para que os benefícios se igualem aos custos envolvidos na análise. O período de retorno do capital descontado considera a desvalorização do dinheiro ao longo do tempo, ou seja, leva em consideração uma taxa de juros.

A análise do período de retorno do capital está diretamente ligado à duração da vida útil do projeto. Se o PRC é superior ao tempo de vida útil do projeto, o investimento não será economicamente viável

2.7.2. Valor Presente Líquido – VPL

Este indicador é, geralmente, aplicado quando se deseja comparar várias alternativas de projetos. Ele determina o valor presente de custos ou benefícios futuros descontados a uma taxa de juros apropriada. Considera-se o conceito de valor de dinheiro ao longo do tempo uma vez que existe um custo de oportunidade, por exemplo, em deixar o dinheiro aplicado em algum tipo de investimento financeiro.

O valor presente líquido para fluxos de caixa uniformes, por período de tempo, pode ser calculado através da seguinte fórmula:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}$$

Onde:

- FC é o fluxo de caixa no período t;
- t é período no tempo em que o dinheiro será investido no projeto;
- n é o número de períodos t;

- i é o custo do capital ou custo de oportunidade.

Após o cálculo dos valores de VPL para todos os períodos, soma-se os benefícios acumulados ao longo da vida útil de projeto. A expressão geral para a determinação final do VPL é:

$$\text{VPL} = \text{Benefícios} - \text{Custos}$$

Onde:

$\text{VPL} > 0$, o investimento é viável;

$\text{VPL} = 0$, o investimento é indiferente;

$\text{VPL} < 0$, o investimento não é viável.

2.7.3. Relação Benefício/Custo – B/C

A relação Benefício/Custo é a relação de quanto se espera ganhar a cada unidade de capital investido. Esse valor é uma razão simples entre o fluxo de caixa esperado de benefícios de um projeto e o fluxo esperado do investimento necessário para realizá-lo.

Se o B/C encontrado for maior do que 1, significa que o projeto deve continuar sendo analisado pois gera alguma riqueza ao investidor. Se o B/C for menor que 1, significa que ao longo do tempo de vida útil do projeto, o investidor terá mais custos que benefícios, tornando o investimento economicamente inviável. Por exemplo, se a relação benefício/custo encontrada for de 1,8. significa que para cada R\$1,00 aplicado no investimento, espera-se lucrar R\$0,80.

2.7.4. Taxa Interna de Retorno – TIR

A TIR é uma medida relativa expressa em percentual onde demonstra o quanto rende um projeto de investimento, considerando a mesma periodicidade dos fluxos de caixa do projeto.

Esse indicador econômico é a taxa que zera o indicador VPL, ou seja, é a taxa de retorno do investimento onde o VPL é igual a R\$0,00.

Para interpretar o resultado da TIR é preciso fazer a comparação com a TMA (Taxa mínima de atratividade). A TMA representa o percentual mínimo de retorno que um projeto deve gerar para ser aceito. Por exemplo, a TMA poderia ser a rentabilidade gerada por um investimento de baixo risco, como uma aplicação fixada a taxa SELIC.

Sua fórmula pode ser encontrada igualando a fórmula do VPL a zero e pode ser resumida a:

$$0 = \sum_{n=0}^N \frac{FC_n}{(1 + TIR)^n}$$

- FC é o fluxo de caixa no período t;
- n é o número de períodos t;

É importante ressaltar que os recursos financeiros são sempre limitados, logo uma viabilidade econômica positiva de um investimento é um ótimo indicativo para a tomada de decisões, porém outros aspectos como a viabilidade técnica, ambiental e social precisam também serem levadas em consideração para se chegar a uma decisão final pela utilização ou não de mictório seco.

3. METODOLOGIA

Este capítulo mostra o caminho no qual se chegou a todos os resultados propostos nos objetivos específicos deste trabalho. O Tempo de vida útil de projeto foi adotado como sendo 20 anos, valor usualmente utilizado para estruturas hidrossanitárias. O modelo de mictório seco adotado para o estudo de viabilidade econômica foi o do tipo com cartucho de gel selante, fabricado no Brasil. Foi considerado usuários apenas do sexo masculino e que utilizam, em média, quatro vezes por dia. As análises foram divididas em três cenários explicados nos itens abaixo.

3.1. Cenários adotados

O estudo foi dividido em três cenários. Neles, o mictório seco foi comparado a um tipo de acessório hidráulico correspondente. No primeiro cenário, considerou a substituição de um mictório convencional pelo mictório seco (cenário 1). No segundo caso, considerou a instalação do mictório que não utiliza água para se reduzir o consumo de água de bacias sanitárias com caixa acoplada de duplo acionamento (cenário 2). Por fim, foi considerada a utilização de mictório seco como forma de reduzir o consumo de água de uma bacia sanitária de caixa acoplada de acionamento único (cenário 3).

3.1.1. Cenário 1

Considerou a substituição do mictório convencional de válvula hidromecânica pelo mictório seco. Neste caso, os custos de instalação foram os de substituição do equipamento e desativação do ponto de água. Foi considerado, apenas para este cenário, que já existe ponto de esgoto instalado proveniente da utilização do mictório convencional e que será aproveitado para o novo mictório, com exceção da categoria residencial, que foi considerado como se não houvesse mictório convencional utilizado previamente.

O volume economizado foi considerado como sendo 1,0 litro por uso, conforme tabela 2 apresentada na revisão bibliográfica.

3.1.2. Cenário 2

Para este cenário, comparou-se os ganhos financeiros em decorrência da economia de água devido à utilização de um mictório seco comparado a uma bacia sanitária de caixa acoplada de duplo acionamento. Nos custos envolvidos, além da aquisição do produto, foram considerados os custos de instalação de um ponto de esgoto e os de instalação do próprio mictório.

O volume economizado a cada utilização é cerca de 3,0 litros. Não foi considerado nenhum volume referente a possíveis vazamentos em nenhum cenário e foi adotado que para cada uso do mictório seco seja economizada uma descarga na bacia sanitária.

3.1.3. Cenário 3

No último cenário, analisou-se a viabilidade econômica na utilização de um mictório seco comparando sua utilização com a de uma bacia sanitária de caixa acoplada de acionamento único. Os custos de instalação para o cenário 3 foram semelhantes aos do cenário 2.

A quantidade de água economizada na bacia sanitária, pelo uso do mictório seco, é cerca de 6,0 litros por uso.

3.2. Categorias adotadas

Além da divisão em cenários, se fez necessário a divisão em categorias acompanhando a tabela tarifária praticada pela Companhia de Água e Esgoto da Paraíba, devido à diferença de valores cobrados. Para a situação residencial, o valor da tarifa cobrado é escalonado, cobrando valores diferenciados por faixas de consumo, desta forma, para esta categoria, foi feito o estudo de viabilidade para cada faixa de consumo mensal. Ainda na categoria residencial, no cenário 1, não se considerou a pré existência de ponto de esgoto para mictório, uma vez que, não é comum se utilizar este dispositivo em residências.

3.3. Taxa de atratividade mínima

A taxa de atratividade mínima foi calculada através da média da taxa básica de juros (Selic) dos últimos cinco anos, entre 2013 e 2018. O valor médio encontrado foi de 11,65% ao ano, como mostrado na figura 16.

Figura 16 - Taxa Selic entre 2013 e 2018

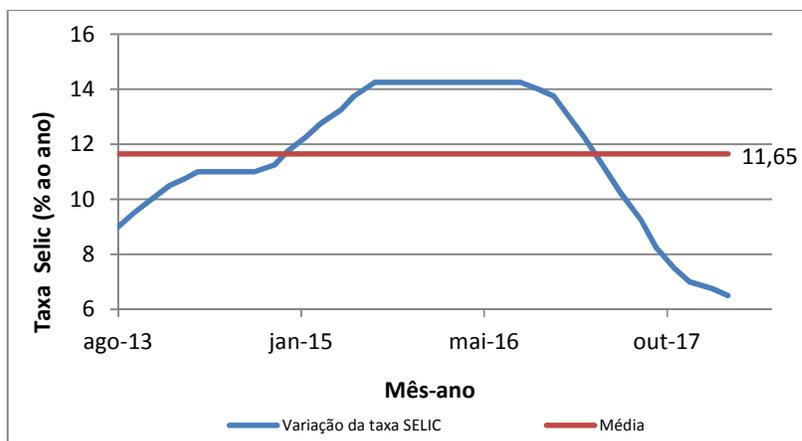


Figura 17 - Modelo do mictório seco utilizado para o estudo.



Fonte: <https://loja.mictoriosemagua.com/>

O frete foi considerado para a cidade de João Pessoa, e o valor foi de R\$120,00. Vale ressaltar que este valor do frete pode variar dependendo do destino final onde o produto será entregue no estado da Paraíba e conseqüentemente alterar os valores dos indicadores de viabilidade econômica. Por exemplo, para a cidade de Catolé do Rocha, no sertão Paraibano, o valor do frete fica em torno de R\$ 240,00.

Os valores da mão de obra para a instalação do mictório e instalação do ponto de esgoto foram obtidos através de pesquisa de mercado com profissionais locais. O custo médio da mão de obra foi de R\$30,00 para a instalação do mictório seco e R\$80,00 para instalação do ponto de esgoto. O custo dos materiais do ponto de esgoto foi retirado da tabela de composições dos sistema de orçamento de obras de Sergipe, e esse valor foi de, aproximadamente, R\$60,00.

3.5. Custos de operação

Os custos de operação são referentes ao refil do gel selante e ao recipiente que acondiciona o produto, chamado de cartucho.

O refil do selo hídrico é de aproximadamente 0,88 litros e suporta até 1500 usos, segundo o fabricante. Devido à inviabilidade de se contabilizar exatamente a quantidade de usos para recarregar o cartucho, adotou-se um valor de 100 mililitros por refil para compensar estas imprecisões. O valor do refil custa R\$150,00 por litro do produto, totalizando o custo por uso de R\$0,01. O fabricante recomenda a

substituição do cartucho em função da quantidade de usos e seu valor unitário é de R\$60,00. Na figura 18, é possível visualizar como é feita a recarga.

Figura 18 - Processo de recarga do cartucho.



Fonte: Representante comercial do produto.

3.6. Benefícios econômicos

O benefício econômico considerado foi o valor da quantidade de água economizada anualmente devido à utilização do mictório seco, tomando como base o valor da tarifa por metro cúbico da água fornecida pela concessionária local (CAGEPA, 2018) conforme a tabela 3 abaixo.

Tabela 2 - Tabela tarifária CAGEPA 2018

CATEGORIA RESIDENCIAL				
TARIFA SOCIAL				
FAIXAS DE CONSUMO MENSAL	ÁGUA	ESGOTO	A + E	% ESGOTO
Consumo até 10m ³	10,56	1,06	11,62	10%
TARIFA NORMAL				
FAIXAS DE CONSUMO MENSAL	ÁGUA	ESGOTO	A + E	% ESGOTO
Tarifa Mínima - Consumo até 10 m ³	37,91	30,33	68,24	80%
11 à 20 m ³ (p/m ³)	4,89	3,91		80%
21 à 30 m ³ (p/m ³)	6,45	5,81		90%
acima de 30 m ³ (p/m ³)	8,76	8,76		100%

CATEGORIA COMERCIAL				
FAIXAS DE CONSUMO MENSAL	ÁGUA	ESGOTO	A + E	% ESGOTO
Tarifa Mínima - Consumo até 10 m ³	67,65	60,89	128,54	90%
acima de 10 m ³ (p/m ³)	11,72	11,72		100%

CATEGORIA INDUSTRIAL				
FAIXAS DE CONSUMO MENSAL	ÁGUA	ESGOTO	A + E	% ESGOTO
Tarifa Mínima - Consumo até 10 m ³	81,94	73,75	155,69	90%
acima de 10 m ³ (p/m ³)	13,05	13,05		100%

CATEGORIA PÚBLICO				
FAIXAS DE CONSUMO MENSAL	ÁGUA	ESGOTO	A + E	% ESGOTO
Tarifa Mínima - Consumo até 10 m ³	76,83	76,83	153,66	100%
acima de 10 m ³ (p/m ³)	12,89	12,89		100%

Fonte: Cagepa 2018 – Estrutura tarifária

4. RESULTADOS

Nos próximos itens são apresentados, para as categorias residencial, comercial, industrial e público, os valores a partir dos quais o investimento se torna viável economicamente, separados em três cenários, previamente abordados. Além disso, serão apresentados os gráficos desses indicadores em função da quantidade de usos por dia para cada mictório. Um exemplo da planilha elaborada para o cálculo dos indicadores econômicos encontra-se no ANEXO A deste trabalho.

Com a variação da tarifa cobrada pela concessionária, constatou-se, como esperado, que o período de retorno do investimento é menor à medida que o valor da tarifa aumenta, da mesma forma, quanto maior a quantidade de usos, menor é o tempo de retorno.

Nos gráficos do valor presente líquido (VPL) em função da quantidade de usos, as retas tocam o eixo horizontal exatamente nos respectivos valores na qual o investimento é indiferente. Este indicador, diferentemente do tempo de retorno, teve comportamento linear e seus valores foram diretamente proporcionais à quantidade de usos por dia, volume economizado de água por usos e o valor da tarifa.

A relação benefício/custo (B/C) também apresentou comportamento linear crescendo seu valor conforme se distancia do eixo vertical. Esta razão quando maior que 1, mostra quantas vezes os benefícios superaram os custos do investimento.

Por fim, a taxa de retorno interno que acompanha os indicadores acima citados, crescendo linearmente à medida que se aumenta a quantidade de usos por dia. Esse indicador é interessante nos casos onde o usuário tem várias opções de investimentos a fazer e por meio desse valor, pode avaliar qual dos investimentos traz a melhor taxa de retorno.

4.1. Categoria Residencial

Para a categoria residencial, encontrou-se a quantidade de usos por dia para qual o investimento se torna viável e os valores de tempo de retorno, valor presente líquido (VPL), relação benefício/custo (B/C) e taxa interna de retorno (TIR), em função do número de usos. Para esta categoria, em cada cenário foram obtidos esses indicadores para as três tarifações cobradas pela concessionária de abastecimento de água.

No cenário 1, onde a economia é de 1,0 litro por uso, foi verificado ser inviável para todas as tarifações independente da quantidade de usos, uma vez que o custo de manutenção anual é maior que a economia gerada pela poupança de água em um ano.

Para o cenário 2, no qual a economia é de 3,0 litros por uso, equivalente a utilização de uma descarga de caixa acoplada de duplo acionamento, os indicadores de análise econômica do uso de mictório seco para as três tarifações da CAGEPA são apresentados nas Figuras 18, 19, 20 e 21.

Figura 19 - Período de retorno categoria residencial cenário 2

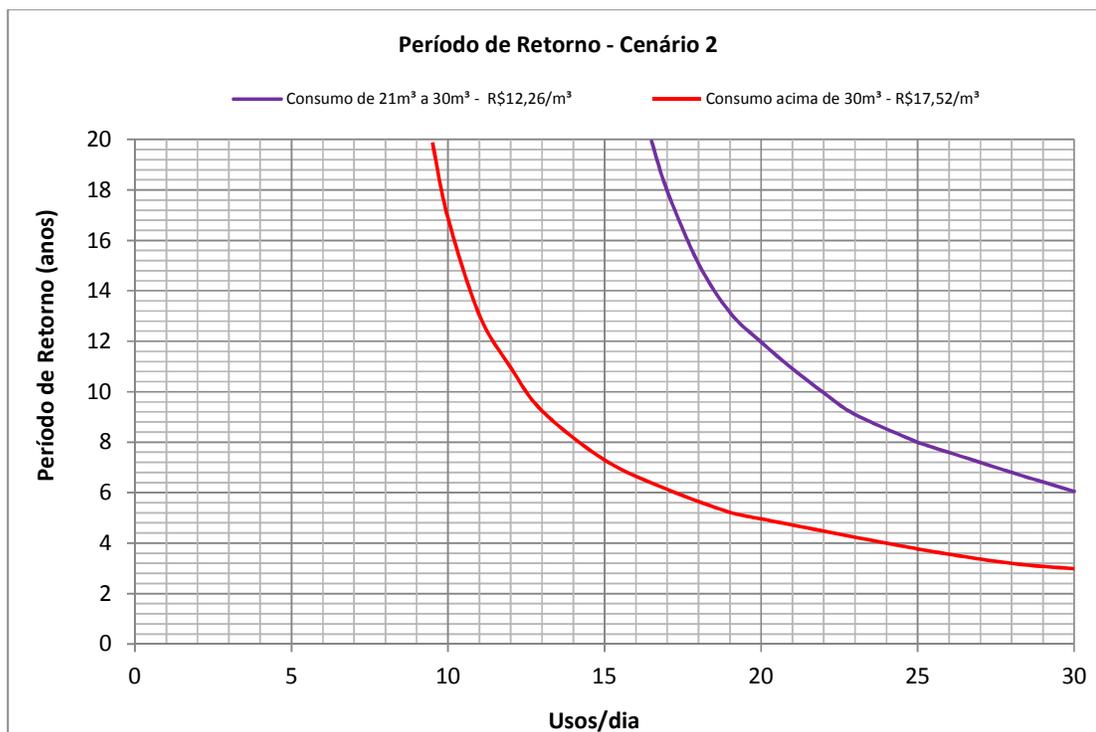


Figura 20 - VPL categoria residencial cenário 2

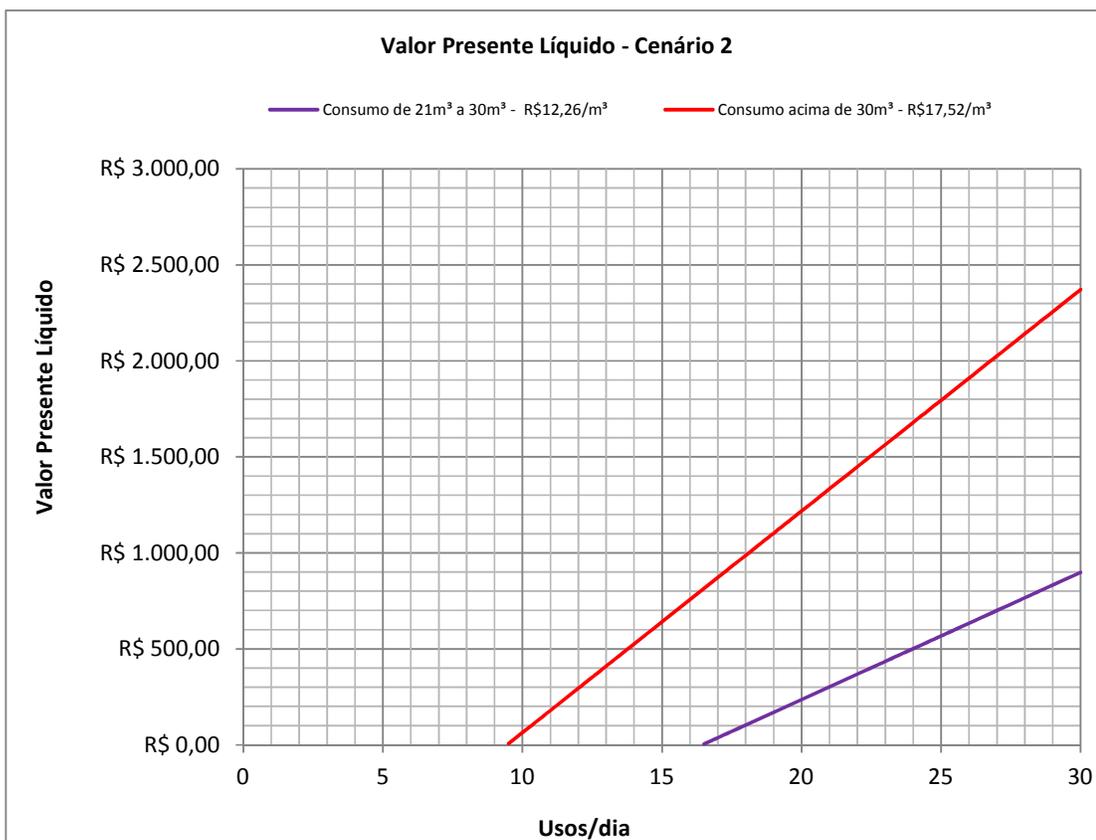


Figura 21 - Benefício/custo categoria residencial cenário 2

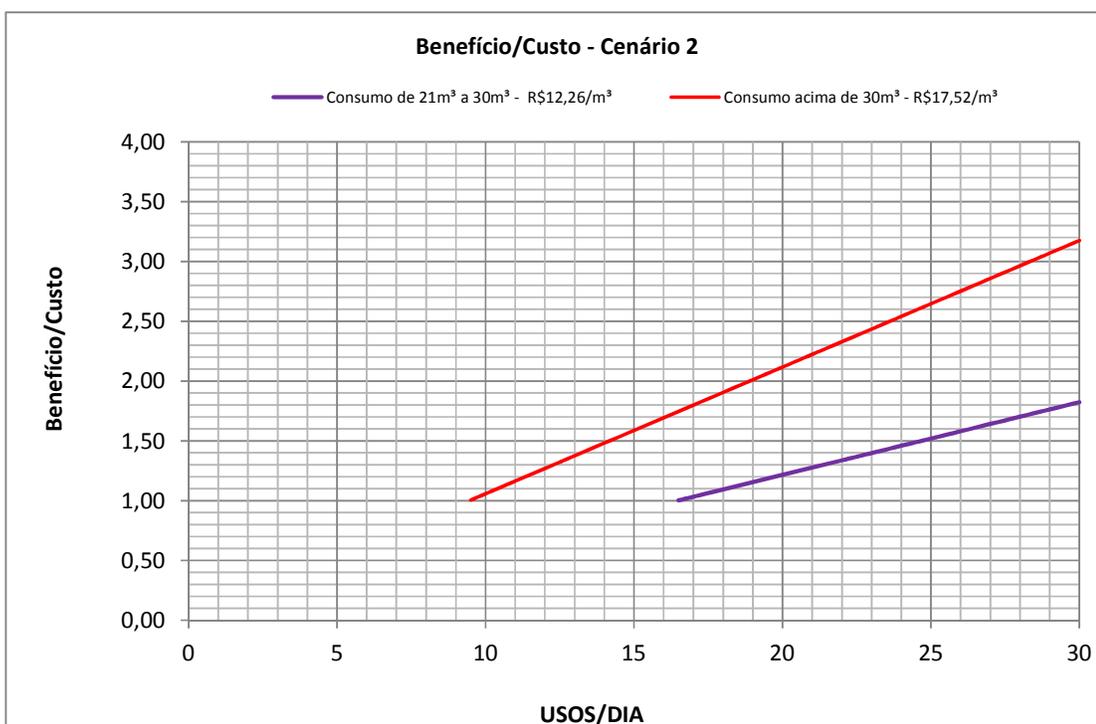
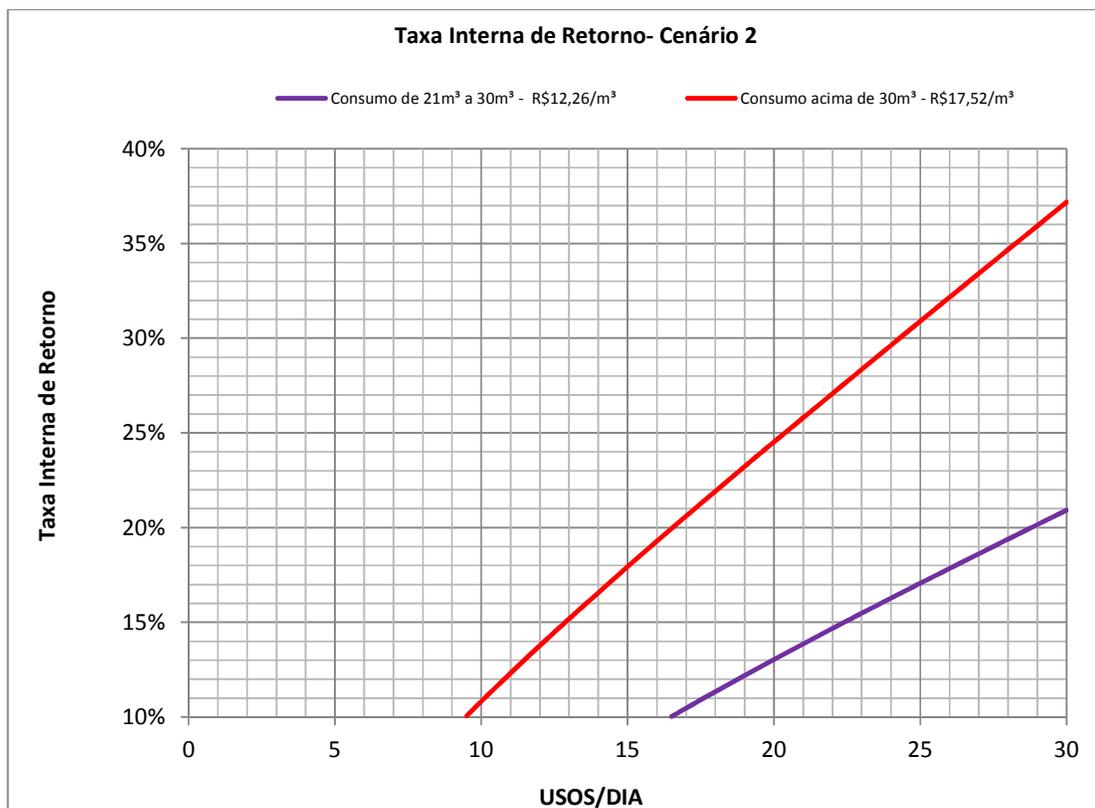


Figura 22 – TIR categoria residencial cenário 2.



O investimento passa a ser viável, no padrão popular (tarifa de menor valor), para valores a partir de 32 usos/dia. Apesar do resultado positivo, considerou-se esse valor inviável uma vez que seria necessário pelo menos 8 usuários do sexo masculino por dia para tornar-se viável economicamente. Essa situação é pouco provável para a categoria residencial.

Para a tarifa de valor intermediário, a utilização de mictório seco se justifica economicamente para valores acima de 17 usos/dia. Isso significa que em residências a partir de 5 usuários homens, totalizando 20 usos/dia, há ganhos financeiros. Os valores dos indicadores de viabilidade para este caso são: PR: 12 anos, VPL: R\$235,74 ; B/C: 1,22 e TIR 13,04%.

Na tarifação de padrão elevado o mictório se torna viável economicamente a partir de 10 usos/dia. Para uma família composta por duas pessoas do sexo masculino, é necessário uma taxa média maior que 5 usos/homem/dia para haver

viabilidade econômica. Os resultados para o padrão elevado foi o que obteve melhores resultados mostrando que a utilização de mictório seco é mais viável economicamente em residências de padrão mais elevado, onde a tarifa cobrada é maior.

Para o cenário 3 da categoria residencial, onde se economiza 6 litros por uso fazendo a opção por mictório seco ao invés do vaso sanitário de caixa acoplada de acionamento único, os resultados dos indicadores econômicos para as três diferentes tarifas são apresentados nas Figuras 23, 24, 25 e 26.

Figura 23 - Período de Retorno categoria residencial cenário 3

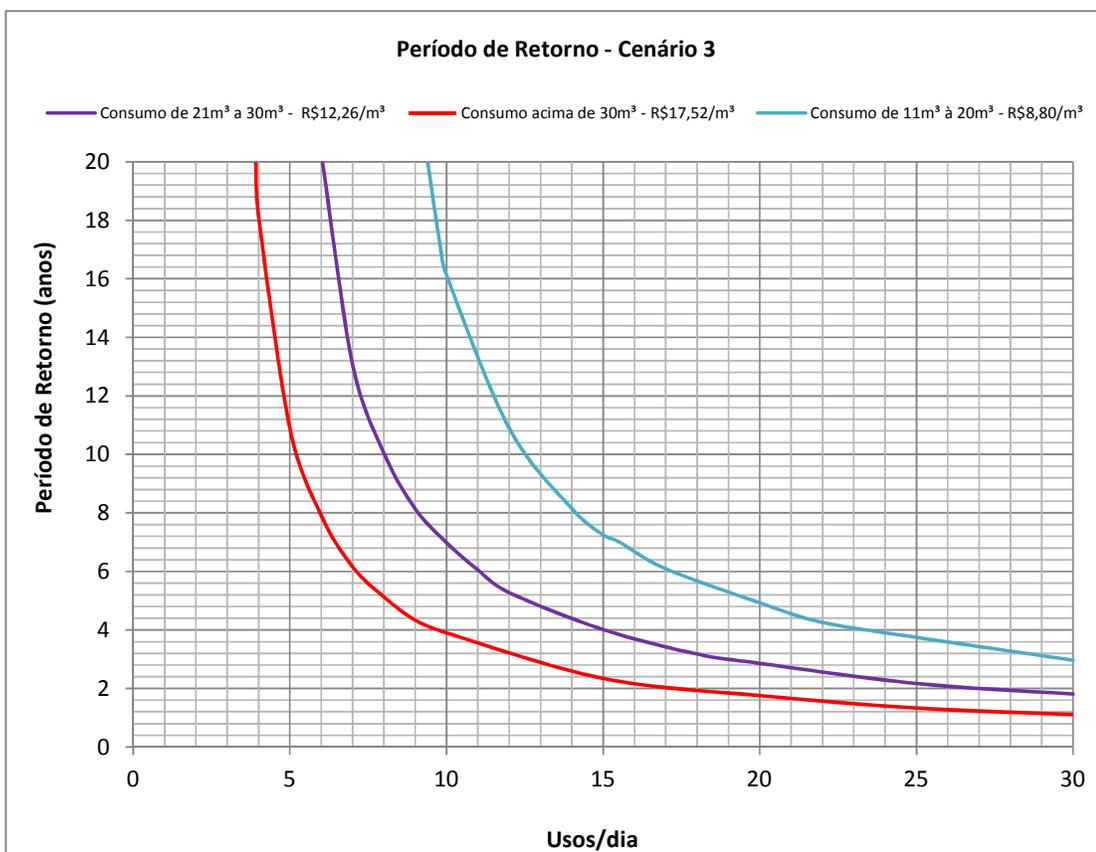


Figura 24 - VPL categoria residencial cenário 3

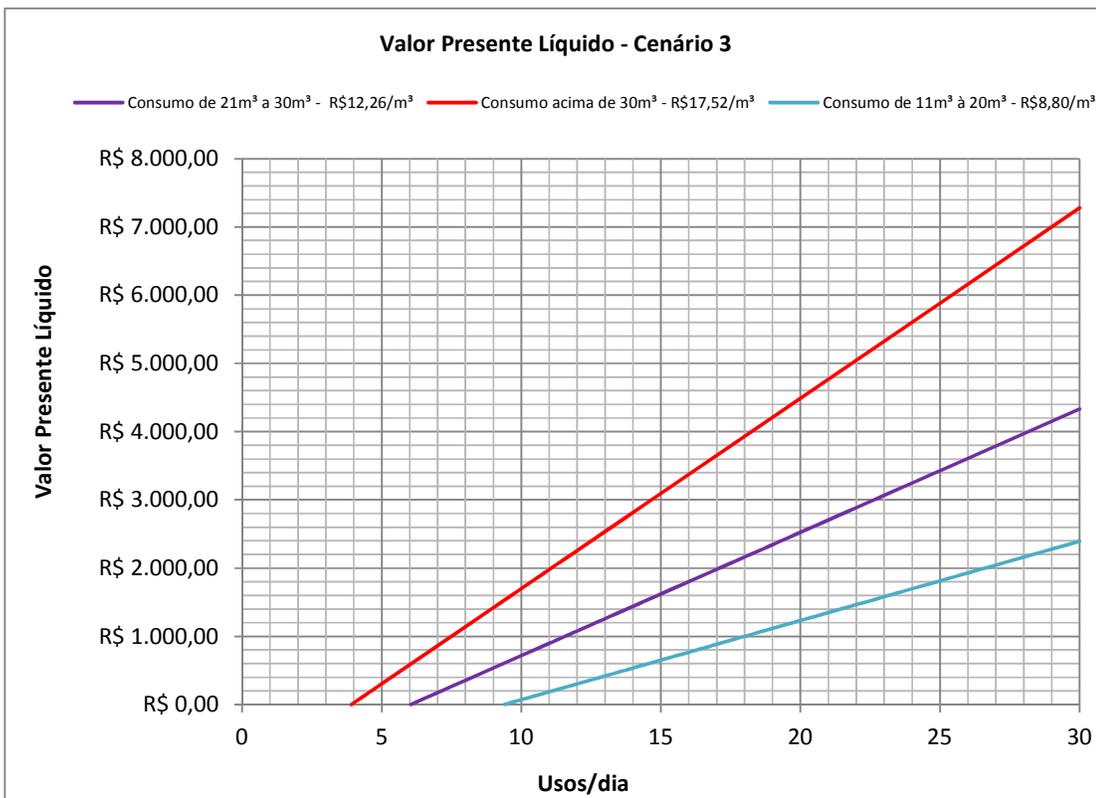


Figura 25 - Benefício/custo categoria residencial cenário 3

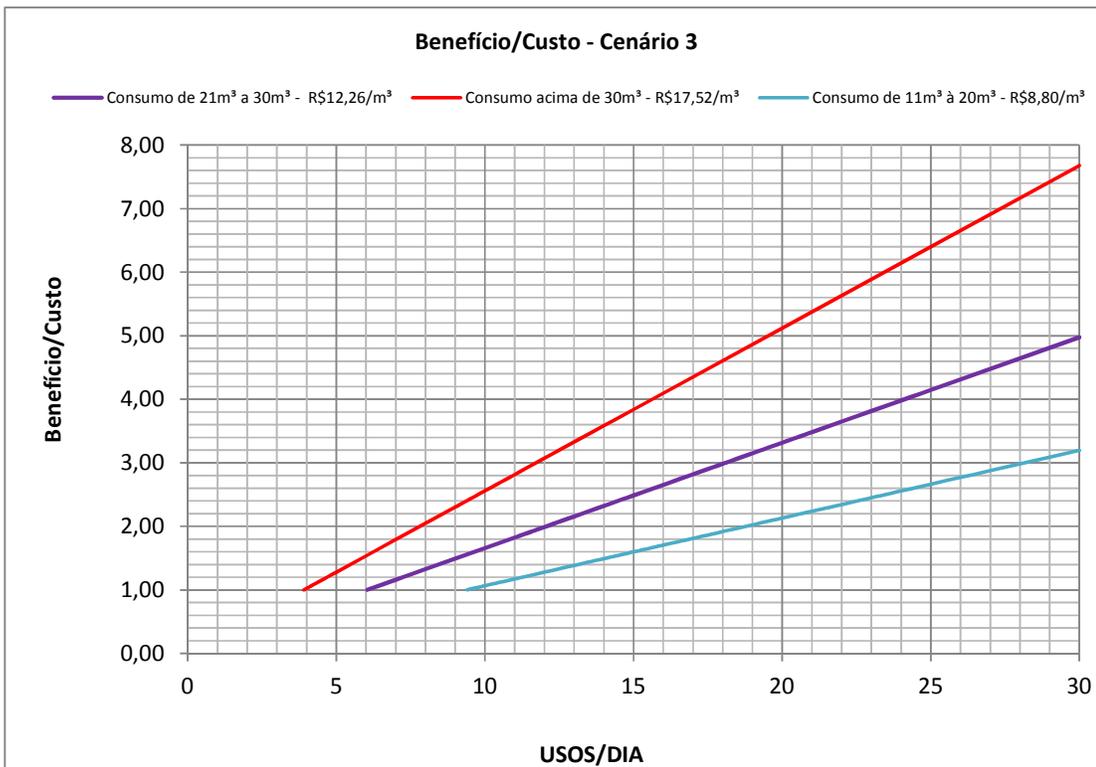
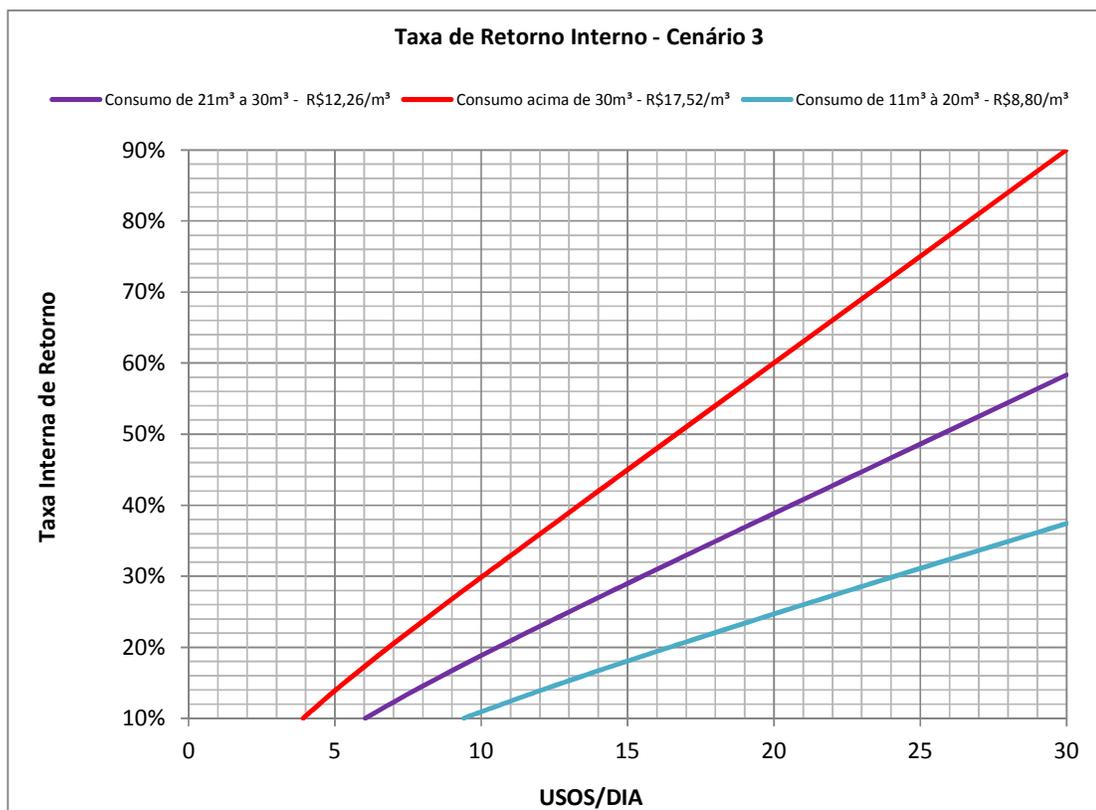


Figura 26 - TIR categoria residencial cenário 3



Para o padrão popular, o investimento passa a trazer retorno financeiro a partir de 10 usos por dia. Por exemplo, em uma residência com dois usuários homens, não é viável economicamente.

No padrão médio, valores acima de 6 usos por dia, traz benefícios financeiros quando comparado à utilização de bacia sanitária de caixa acoplada de acionamento único. Em uma residência com dois usuários do sexo masculino, o PRC é de 10 anos, VPL: R\$355,97; B/C: 1,33 e TIR: 14,95%

Os resultados positivos para a tarifa de maior valor, considerado de padrão alto, acontecem a partir de 4 usos/dia. Essa situação de maior valor de tarifa e maior volume economizado por uso foi a que propiciou os melhores resultados para a utilização de mictórios secos em residências.

4.2. Categorias Comercial, Industrial e Público

De modo semelhante à categoria anterior, após a avaliação econômica, foram encontrados os valores de usos por dia para os quais a utilização de mictório seco se torna vantajosa economicamente em edificações para as categorias comercial, industrial e público para os diferentes cenários.

Optou-se por aglutinar os gráficos dessas três categorias em virtude dos valores das tarifas cobradas serem bem próximos, ou seja, os resultados apresentados apresentaram uma mesma ordem de grandeza, facilitando a redução da quantidade de gráficos apresentados neste trabalho. Para estas categorias, optou-se por fazer análise de viabilidade até 500 usos por dia, em razão de uma e grande variabilidade de utilizações, tornando possível a utilização dos dados para os mais diversos regimes de utilização.

Para o cenário 1, os resultados dos indicadores de viabilidade econômica estão nas figuras 27, 28, 29 e 30.

Figura 27 - Período de retorno categorias comercial industrial e público cenário 1

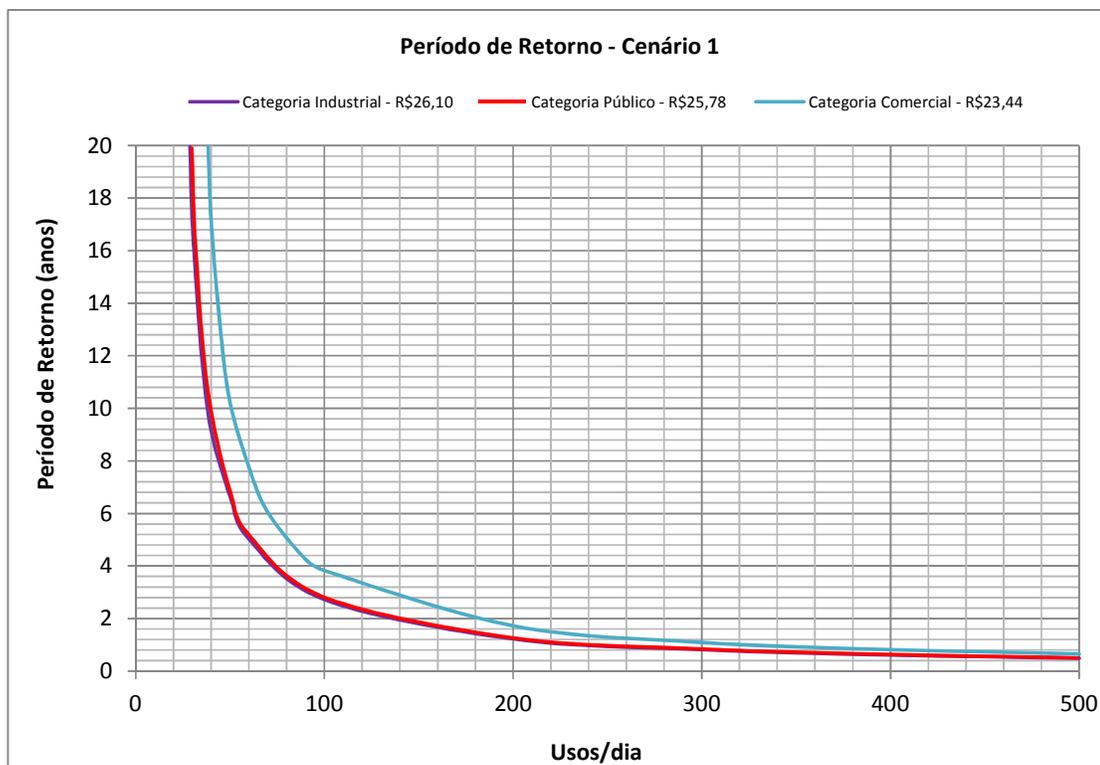


Figura 28 - VPL categorias comercial industrial e público cenário 1

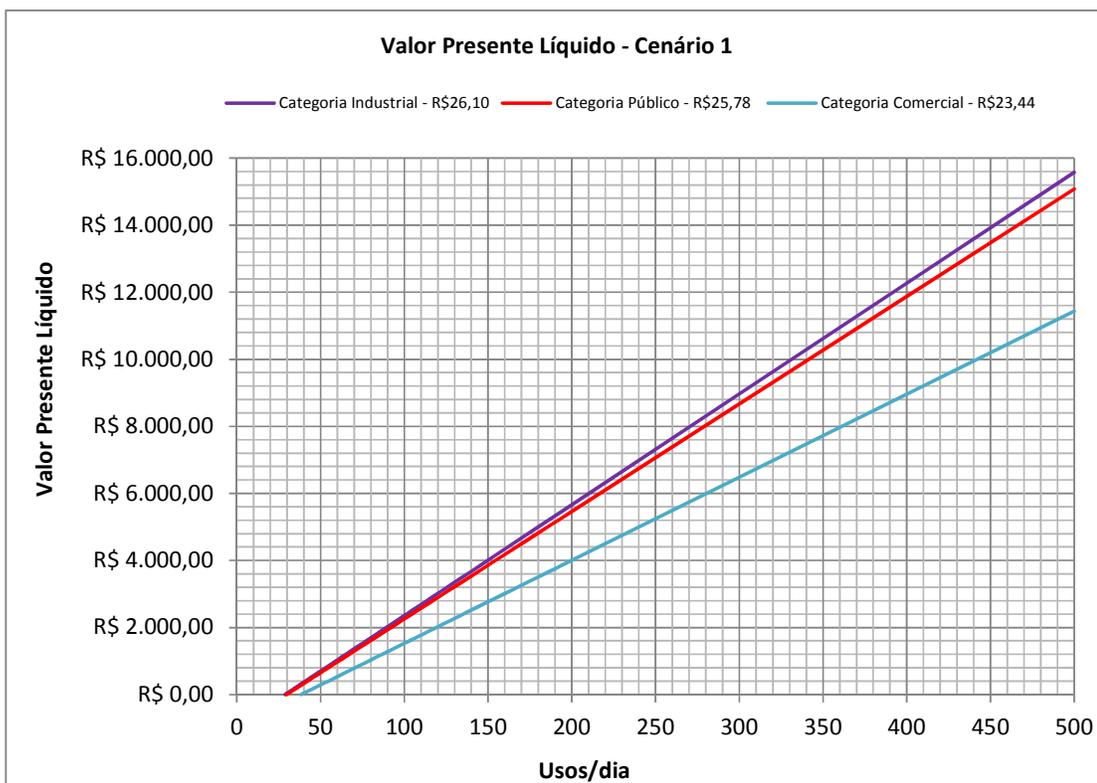


Figura 29 - Benefício/custo categorias comercial industrial e público cenário 1

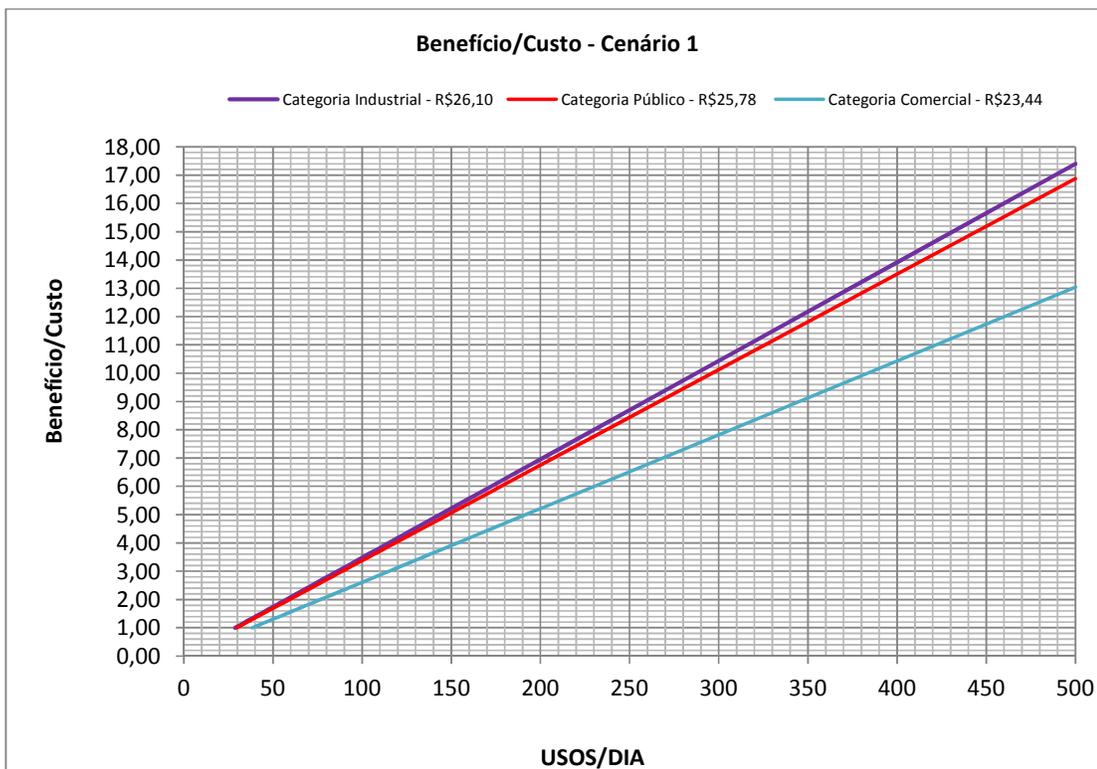
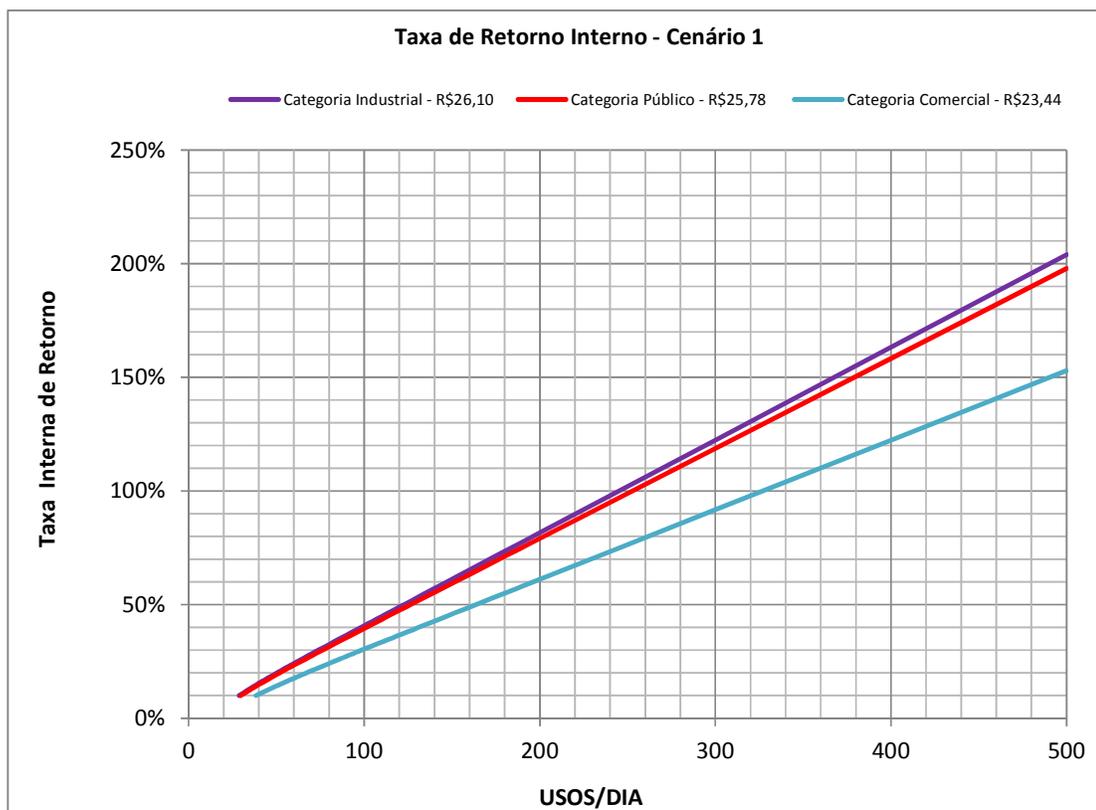


Figura 30 - TIR categorias comercial industrial e público cenário 1



A viabilidade econômica passa a acontecer, para as categorias comercial, industrial e público, respectivamente, para valores acima de: 39 usos/dia, 29 usos/dia e 30 usos/dia.

Essas quantidades de usos por dia podem ocorrer com maior facilidade em edificações de utilização comercial, industrial e público devido a maior circulação de pessoas, por exemplo, em shoppings, hospitais e aeroportos.

Em uma situação de utilização média de 100 usos/dia os indicadores de viabilidade econômica, para a categoria industrial (maior tarifa), são: PR: 2,73 anos, VPL: R\$2.355,10, B/C: 3,48 e TIR : 40,76%

Esses valores mostram que a substituição de mictórios convencionais por mictórios secos em edificações de grande utilização além do potencial de poupar cerca de 365.000 litros de água por ano, podem trazer também retornos financeiros.

Os resultados do cenário 2 das categorias comercial, industrial e público, o que compara a utilização de mictório seco em relação a bacia sanitária com caixa acoplada de duplo acionamento, onde se economiza 3,0 litros por utilização, estão apresentados nas figuras 31, 32, 33 e 34.

Figura 31 - Período de retorno categorias comercial industrial e público cenário 2

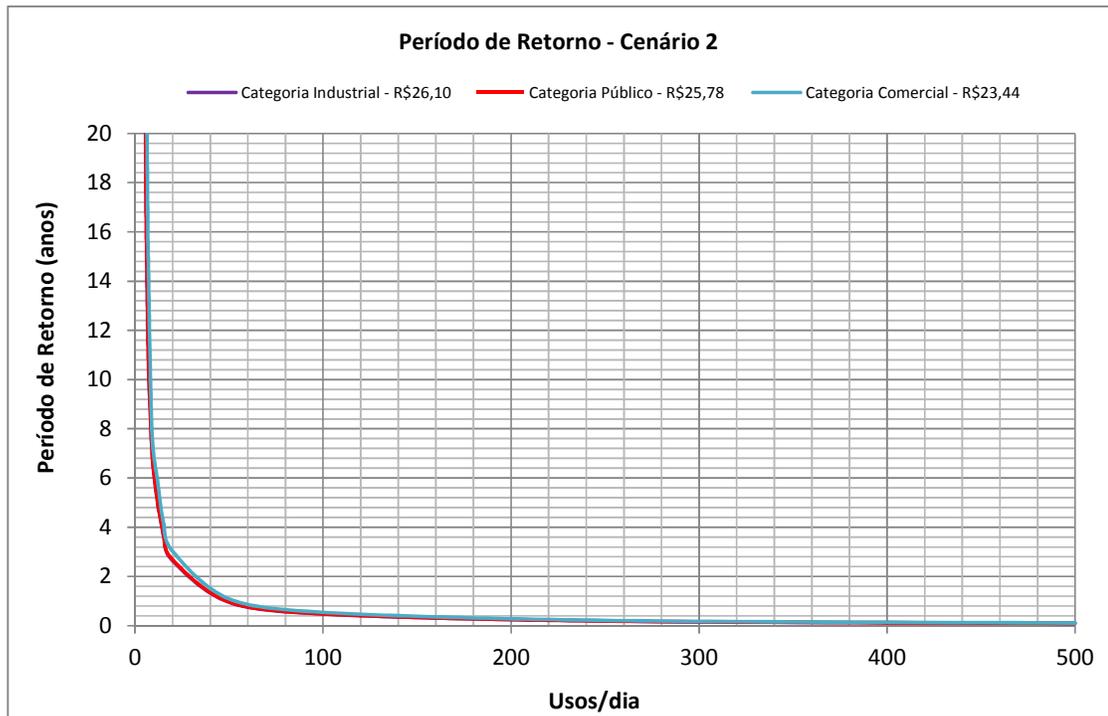


Figura 32 - VPL categorias comercial industrial e público cenário 2

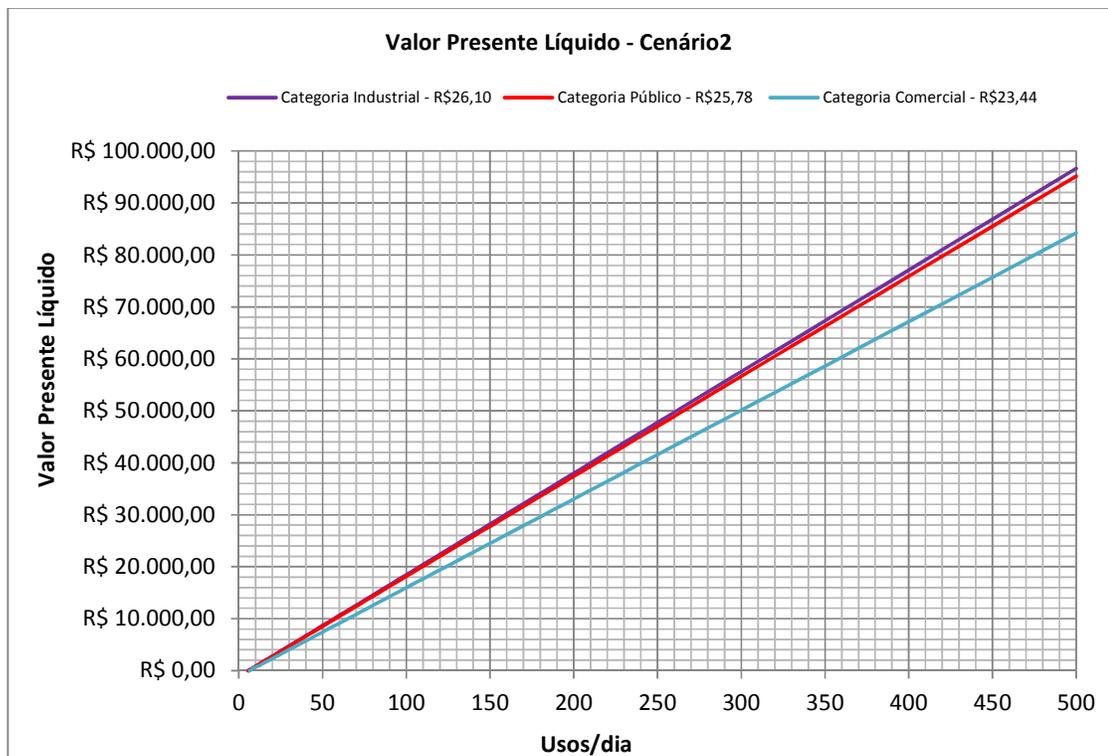


Figura 33 - Benefício/custo categorias comercial industrial e público cenário 2

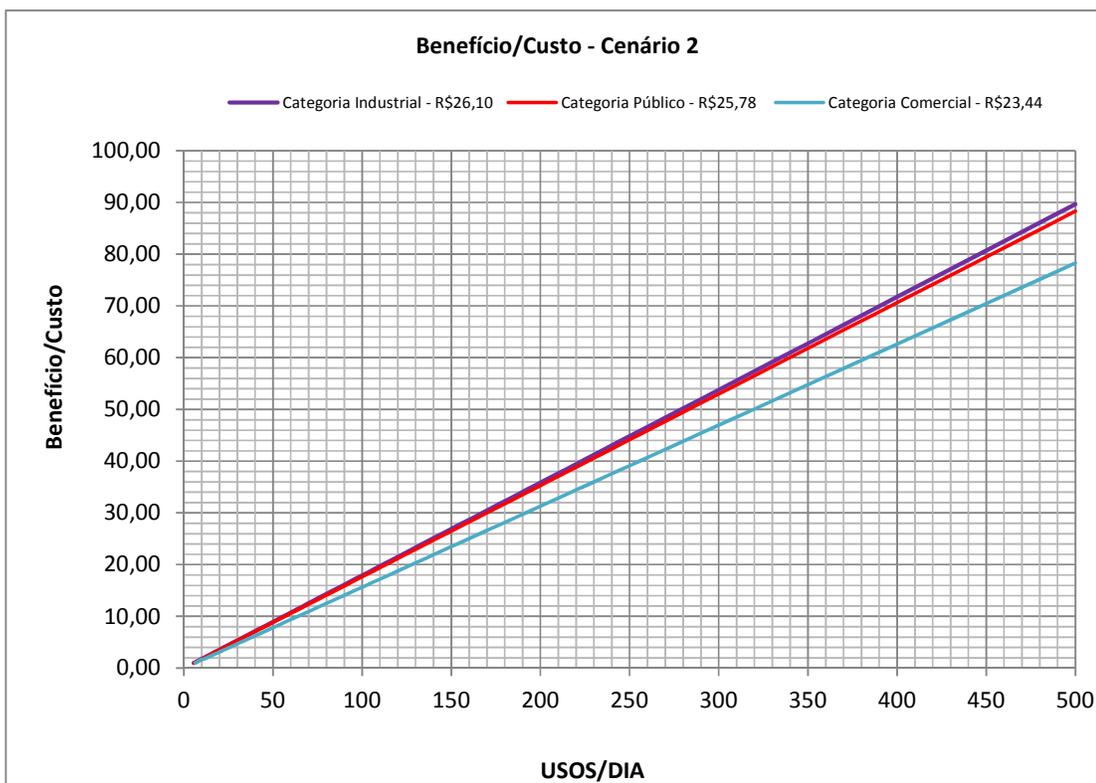
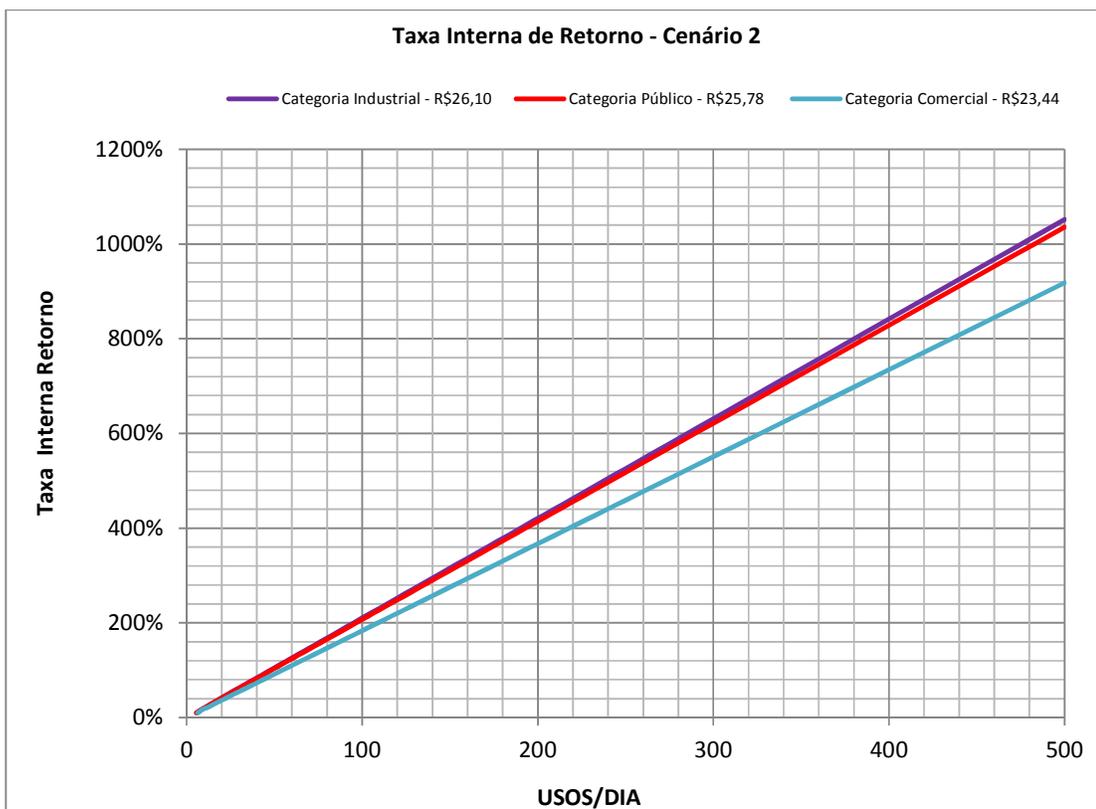


Figura 34 - TIR categorias comercial industrial e público cenário 2



Os resultados para as devidas categorias foram bem próximos. Isso ocorreu pela proximidade dos valores cobrados pelo metro cúbico consumido. Essa diferença é de apenas R\$0,32 entre as categorias industrial e público.

Para a categoria comercial, a viabilidade econômica acontece para quantidades acima de 7 usos/dia, para as categorias industrial e público esse valor é de 6 usos/dia.

Uma vez que, para essas categorias, grande parte do consumo de água é proveniente das bacias sanitárias e mictórios, a utilização de mictórios secos pode trazer retornos financeiros consideráveis. Para uma situação de, em média, 100 usos/dia, na categoria industrial (maior tarifa), os valores dos indicadores econômicos são: PR: 6 meses, VPL: R\$18.458,70, B/C: 17,94 e TIR: 210,0%

Os valores dos indicadores econômicos no cenário 3, onde se verifica a maior economia comparando o uso de mictório seco com uma descarga de caixa acoplada de 6 litros, são mostrados nas figuras 35, 36, 37 e 38.

Figura 35 - Período de retorno categorias comercial industrial e público cenário 3.

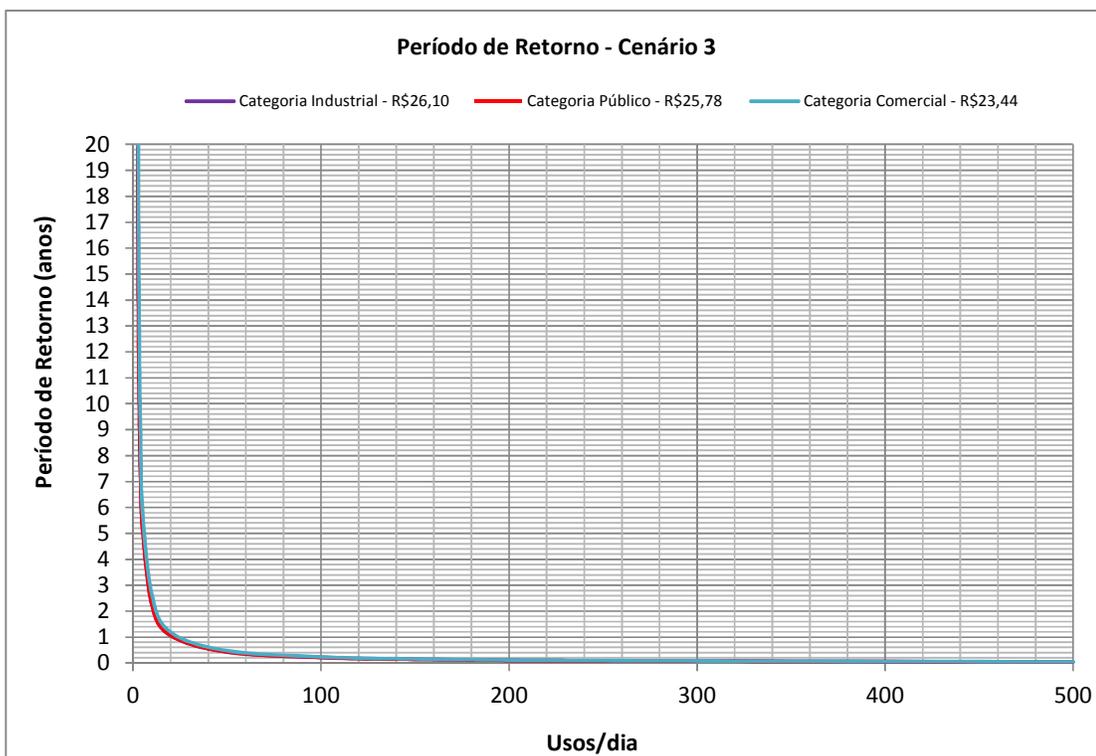


Figura 36 - VPL categorias comercial industrial e público cenário 3.

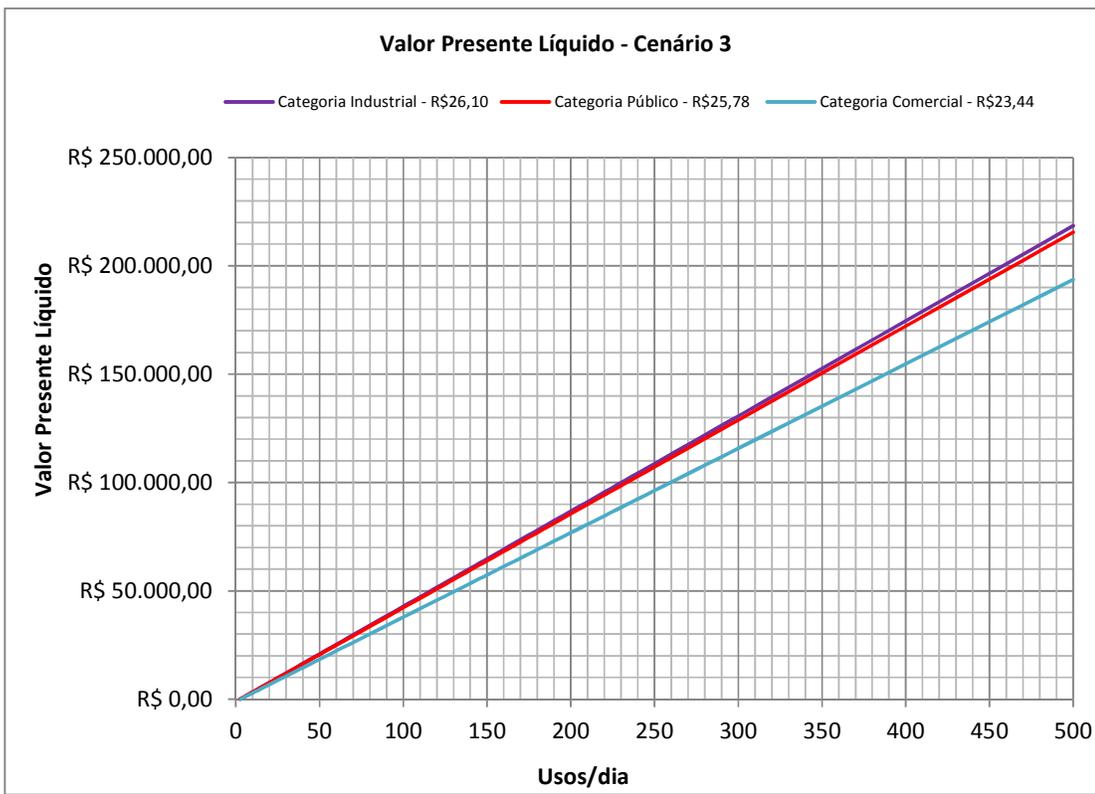


Figura 37 - Benefício/custo categorias comercial industrial e público cenário 3.

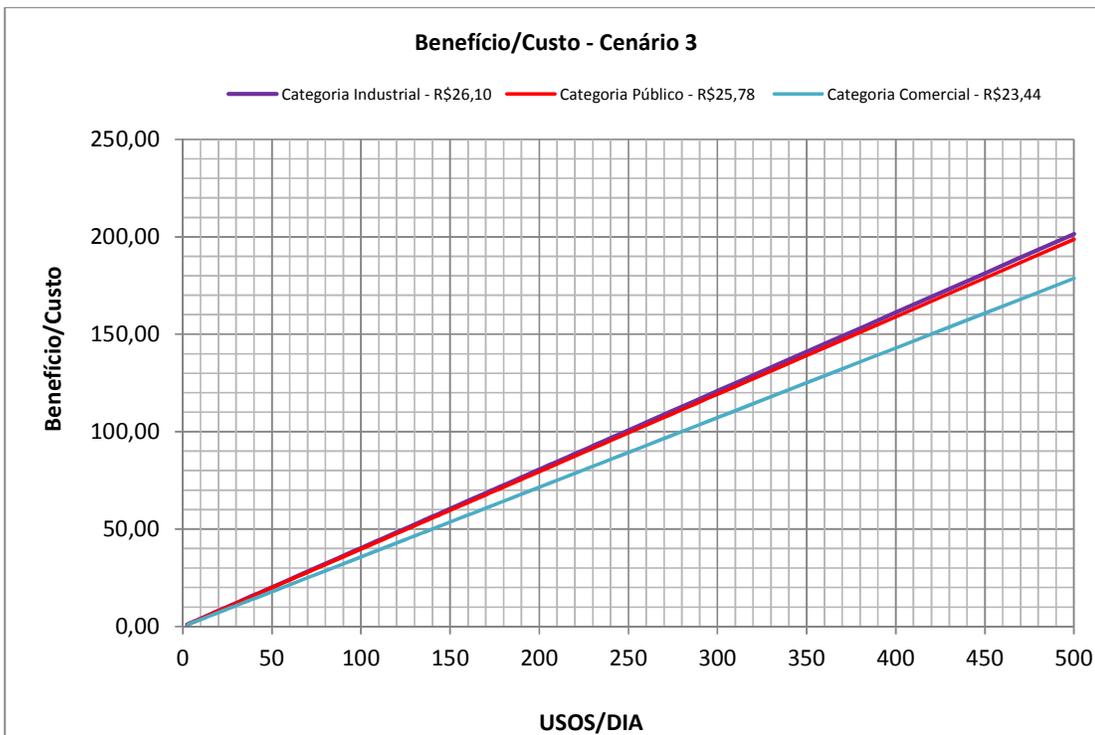
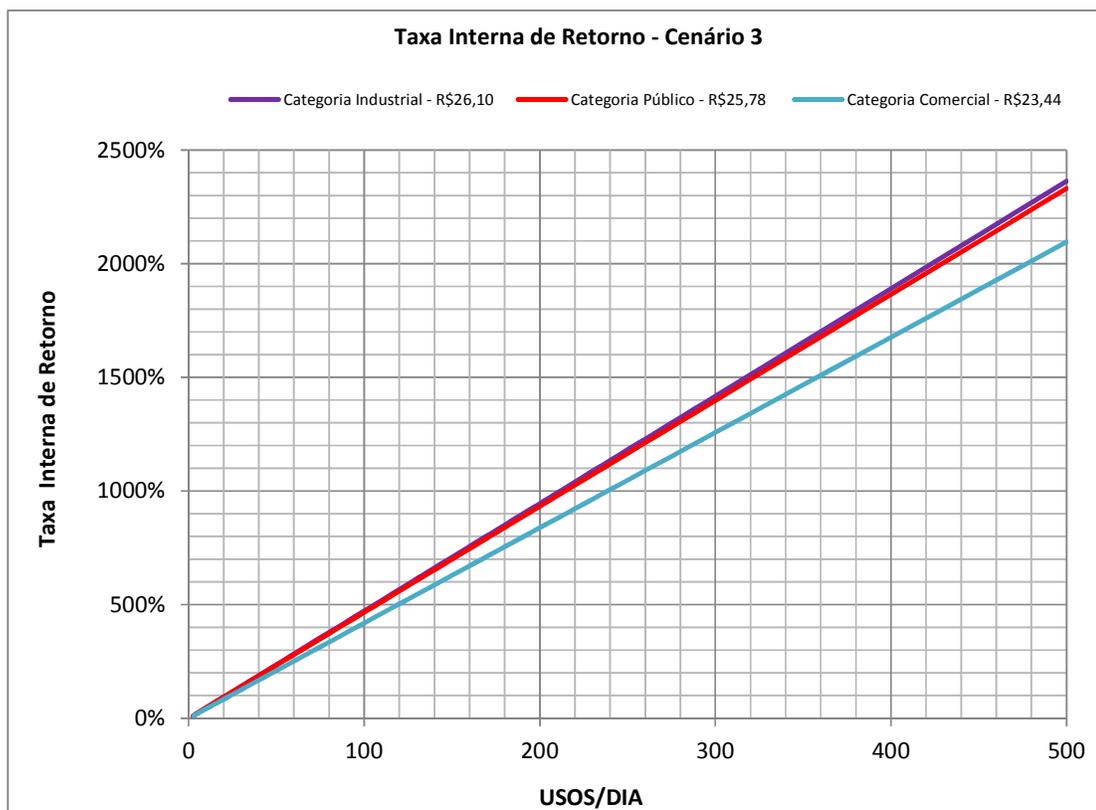


Figura 38 - TIR categorias comercial industrial e público cenário 3.



A quantidade de usos por dia para qual o investimento passa a ser viável foi de apenas **3 usos/dia** para ambas as categorias.

Percebeu-se que, para os cenários de maior economia de água, uma pequena variação na quantidade de usos por dia ocasiona uma significativa mudança nos valores dos indicadores de viabilidade. Por exemplo, para situações com média de 100 usos/dia o PR: 2,5 meses, VPL: R\$ 42.826,00, B/C: 40,29 e TIR: 472,0%.

Como este cenário ocorre uma economia significativa devido à utilização de mictório seco em relação à bacia sanitária de caixa acoplada de acionamento único, os indicadores de viabilidade econômica tiveram os melhores resultados comparando com os outros cenários. Empresas, indústrias e instituições públicas onde ainda só utilizam bacias sanitárias de caixa acoplada de acionamento único, podem obter ganhos financeiros expressivos além de contribuir com o meio ambiente.

Dada importância do assunto abordado, torna-se necessário o desenvolvimento de estudos a cerca dos dispositivos economizadores de água com o objetivo de avaliar seus desempenhos técnico, ambiental e econômico.

O estudo desenvolvido sobre a viabilidade econômica de mictório seco contribui para uma maior conscientização sobre a problemática do uso da água. e fomenta a utilização de aparelhos economizadores de água.

5. CONCLUSÕES

Para a categoria residencial, no cenário 1, a substituição do mictório convencional pelo mictório seco se mostrou inviável para as três tarifas cobradas pela concessionária. Neste caso, os benefícios financeiros devido à economia de água não foram suficientes para cobrir os custos e implantação e manutenção do mictório proposto.

A utilização de mictório seco em detrimento da utilização de bacia sanitária com caixa acoplada de acionamento duplo é viável economicamente para valores acima de 17 usos/dia para a tarifa intermediária (padrão médio) e 10 usos/dia para a tarifa mais elevada (padrão alto).

Para as categorias comercial, industrial e público, todos os cenários mostram resultados positivos de viabilidade econômica. No cenário 1, a substituição do mictório convencional pelo mictório seco passa a ser viável economicamente para quantidades médias a partir de 39 usos/dia, 29 usos/dia e 30 usos/dia, respectivamente.

Devido à significativa economia de água ao se optar pelo uso de mictório seco em relação à bacia sanitária de duplo acionamento que utiliza 3,0 litros por descarga (cenário 3), e valores de tarifas mais elevados em relação a categoria residencial, os resultados foram melhores. Utilizações acima de 7 usos/dia torna viável economicamente fazer a utilização de mictório seco tanto para a categoria comercial, industrial e público. Esse valor cai para menos da metade (3 usos/dia) quando se compara com a bacia sanitária de caixa acoplada de acionamento único (6 litros).

Em empresas, Indústrias e Instituições públicas com grande fluxo de pessoas e, conseqüentemente, grande utilização desses aparelhos, a substituição do mictório convencional pelo mictório seco ou a instalação de mictórios secos, trazem benefícios financeiros consideráveis além de poupar uma quantidade enorme de água. Ações como essa, em grande escala, contribuem para o uso mais eficiente da água, reduzindo os efeitos da escassez hídrica e proporcionando um desenvolvimento sustentável.

Sugere-se para pesquisas futuras:

- Analisar a viabilidade econômica do uso de mictório seco já na fase de concepção de projeto;
- Comparar a viabilidade econômica do mictório seco tipo membrana com o mictório analisado neste trabalho;
- Fazer avaliação do ciclo de vida do gel utilizado no mictório seco.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAGEPA. Disponível em <<http://www.cagepa.pb.gov.br/outras-informacoes/estrutura-tarifaria/>>. Acesso em 15 de Setembro de 2018.

DECA. Disponível em: <<http://www.deca.com.br>>. Acesso em 02 de Outubro de 2018.

GOMES, H, P. ***Eficiência hidráulica e energética em saneamento: Análise econômica de projetos***. Rio de Janeiro: ABES. ISBN: 85-7022-47-9. 114 f, 2005.

FASOLA, Gabriel Balparda; GHISI, Eneidir; MARINOSKI, Ana Kelly. **Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC**. 2011. 14 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2011.

GONÇALVES, Ricardo Franci (coordenador). **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES 2009 352 f. Projeto PROSAB.

GONÇALVES, R.F (Coord). **Uso racional de água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

HAFNER, Ana Vreni. **Conservação e reúso de água em edificações experiências nacionais e internacionais**. 2007. 177 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

IDEC (2005). **Manual de educação para o consumo sustentável. Brasília:** Consumers International/ MMA/ IDEC. Disponível em: <https://idec.org.br/publicacao/manual-de-educacao-para-o-consumo-sustentavel-2a-ed-2005>. Acesso em 18 de agosto de 2018.

MARINOSKI, A. K. ***Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: Estudo de caso em Florianópolis-SC.*** Trabalho de conclusão de curso. 107 f. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC. 2007.

MENDES, C. F. ***Estudo exploratório de programas de uso racional de água em instituições de ensino superior e a pré-implantação do anal viário do campus de vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.*** 2006. 157f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2006.

MICTÓRIO SEM AGUA. Disponível em < <https://www.mictoriosemagua.com/>>. Acesso em 03 de Outubro de 2018.

OLIVEIRA. B. O. ***Avaliação de desempenho funcional de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido com relação a remoção e transporte de sólidos.*** 2002. 222 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2002

ONU. Escassez da água, 2006. Disponível em < <http://www.unwater.org/>. Acesso em 19 de Setembro de 2018.

RODRIGUES, L. C. S. - ***Avaliação da eficiência de dispositivos economizadores de água em edifícios residenciais em Vitória-ES.*** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)–Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória (ES). 2005.

SÃO PAULO (Estado). Companhia de Saneamento Básico. ***Manual de gerenciamento para controladores de consumo de água.*** São Paulo, 2009.

SHMIDT, W. ***Caracterização e formulação de parâmetros para avaliação de mictórios – o caso do mictório sem água.*** 2003 247 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVA. G. S. ***Programas permanentes de uso racional de água em campi universitários: O programa de uso racional de água da universidade de São Paulo.*** 2004. 328 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo , USP, São Paulo.

TOMAZ, P. ***Economia de água para empresas e residências: um estudo atualizado sobre o uso racional da água***. São Paulo, Navegar Editora, 2001.

VICKERS, A. ***Handbook of water use and conservation***. Massachusetts: Water Plow Press, 446 f. 2001.

ZENAIDE, M. L. Ações de o uso racional da água em edificações públicas. 2016. 59 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, 2016.

Anexo A – Modelo da planilha de cálculo – Cenário 2 – Categoria industrial

1 - Dados de entrada

DADOS	
Taxa de Juros %	11,65
Faixa de consumo mensal 11m ³ à 20m ³ (R\$/m ³)	R\$ 26,10
Economia de Água (Litros/uso)	3
USO/DIA	7
INVESTIMENTO INICIAL	
MICTÓRIO SECO	R\$ 920,00
M.O INSTALAÇÃO	R\$ 30,00
M.O PONTO DE ESGOTO	R\$ 80,00
MATERIAL PONTO DE ESGOTO	R\$ 60,00
TOTAL	R\$ 1.090,00
CUSTOS DE MANUTENCAO	
Blue Sealing (Selo Hídrico) (R\$/litro)	R\$ 150,00
Volume de refill (litros)	0,1
Custo bluesealing por Uso (R\$/uso)	0,015
Valor do cartucho	R\$ 59,90
Custo Cartucho/uso	0,0055
Custo Anual	R\$ 53,53

3 - Indicadores econômicos

PR (anos)	13,8
ANOS	MESES
13,0	10

VPL	R\$ 159,31
------------	-------------------

B/C	1,15
------------	-------------

TIR	12,07%
------------	---------------

2 - Tabela com os valores calculados por ano.

Cenário 2 - Tarifa Industrial					
ANO DE FUNC.	ECONOMIA BRUTA (R\$/ANO)	MANUTENCAO (R\$/ANO)	ECONOMIA LIQUIDA (R\$/ANO)	VALOR PRESENTE LIQUIDO	BENEFICIO ACUMULADO
2018	200,06	R\$ 53,53	R\$ 146,53	R\$ 146,53	R\$ 146,53
2019	200,06	R\$ 53,53	R\$ 146,53	R\$ 131,24	R\$ 277,77
2020	200,06	R\$ 53,53	R\$ 146,53	R\$ 117,55	R\$ 395,32
2021	200,06	R\$ 53,53	R\$ 146,53	R\$ 105,28	R\$ 500,60
2022	200,06	R\$ 53,53	R\$ 146,53	R\$ 94,30	R\$ 594,89
2023	200,06	R\$ 53,53	R\$ 146,53	R\$ 84,46	R\$ 679,35
2024	200,06	R\$ 53,53	R\$ 146,53	R\$ 75,64	R\$ 754,99
2025	200,06	R\$ 53,53	R\$ 146,53	R\$ 67,75	R\$ 822,74
2026	200,06	R\$ 53,53	R\$ 146,53	R\$ 60,68	R\$ 883,43
2027	200,06	R\$ 53,53	R\$ 146,53	R\$ 54,35	R\$ 937,78
2028	200,06	R\$ 53,53	R\$ 146,53	R\$ 48,68	R\$ 986,45
2029	200,06	R\$ 53,53	R\$ 146,53	R\$ 43,60	R\$ 1.030,05
2030	200,06	R\$ 53,53	R\$ 146,53	R\$ 39,05	R\$ 1.069,10
2031	200,06	R\$ 53,53	R\$ 146,53	R\$ 34,98	R\$ 1.104,08
2032	200,06	R\$ 53,53	R\$ 146,53	R\$ 31,33	R\$ 1.135,40
2033	200,06	R\$ 53,53	R\$ 146,53	R\$ 28,06	R\$ 1.163,46
2034	200,06	R\$ 53,53	R\$ 146,53	R\$ 25,13	R\$ 1.188,59
2035	200,06	R\$ 53,53	R\$ 146,53	R\$ 22,51	R\$ 1.211,10
2036	200,06	R\$ 53,53	R\$ 146,53	R\$ 20,16	R\$ 1.231,26
2037	200,06	R\$ 53,53	R\$ 146,53	R\$ 18,06	R\$ 1.249,31