

ESTUDO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UM EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR – ESTUDO DE CASO

Maria Gabriela Coral Maccarini (1), Flávia Cauduro(2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)maria_gabriela35@hotmail.com, (2) flavia.cauduro@unesc.net

RESUMO

A disponibilidade de água doce vem sendo comprometida rapidamente e ações para racionalizar o consumo deste recurso natural devem ser implantadas. Uma alternativa é o reuso de águas cinzas para finalidades não potáveis, como a utilização em descargas de bacias sanitárias. Além de trazer benefícios ao meio ambiente, o sistema contribui economicamente. O presente estudo, tendo como objeto um edifício multifamiliar, analisa a viabilidade de implantação deste sistema adotando uma opção de tratamento prática e eficiente. Para o dimensionamento do sistema, a demanda e oferta de águas cinzas foram determinadas e assim a economia no consumo pôde ser verificada. Com o levantamento dos custos de implantação, manutenção e economia de água foi possível analisar a viabilidade e o período de retorno do investimento. A redução de 29% no consumo de água potável resulta em uma economia de 36,55% na conta de água. Com a análise da viabilidade financeira mostrou-se qual a real economia para o consumidor. O investimento em um sistema de reuso demonstrou ser economicamente viável e apresentou período de retorno em 10 anos e 4 meses, porém desde o início da implantação do sistema o condomínio tem ganhos intangíveis como preservação de recursos ambientais e valorização da edificação.

Palavras-chave: Reuso, águas cinzas, racionalização da água.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural renovável, fundamental para sobrevivência humana e ocupa cerca de 70% da superfície terrestre. Uma substância que permanece em constante circulação e está disponível na natureza em todos os estados físicos: sólido, líquido e gasoso. Dos 70% da massa de água existente na crosta terrestre, somente 2,5% estão na forma de água doce, dos quais apenas uma pequena parcela, constituída por lagos e rios, encontra-se disponível para utilização. A escassez do recurso em vários países é justificada pela má distribuição de água doce pelo planeta. Além disso, a poluição e contaminação de rios e lagos diminuem a quantidade de água de qualidade disponível.

Com o aumento progressivo da demanda de água para seus múltiplos usos e a constante poluição dos mananciais ainda acessíveis, a disponibilidade per capita de água doce no mundo vem sendo comprometida rapidamente. Situação muito preocupante já que água é considerada, atualmente, o fator limitante para o desenvolvimento agrícola, urbano e industrial.

A disponibilidade da água é um dos mais importantes fatores de controle habitacional e de desenvolvimento regional. A qualidade da água é avaliada por diversos parâmetros definidos pelo homem que constituem os vários padrões de uso, como, por exemplo, o padrão de potabilidade para o consumo humano. Em termos de bacia hidrográfica, o volume de água é sempre constante, enquanto a demanda de uso regional na bacia é sempre crescente, em função do crescimento populacional, industrial, irrigação e de outros usos. (LEME, 2014, p.18)

Regiões áridas e semiáridas não são as únicas atingidas pela escassez de água. Muitas áreas com recursos hídricos abundantes vivenciam problemas de uso e sofrem restrições de consumo que afetam o desenvolvimento econômico e qualidade de vida, já que possuem demandas excessivamente elevadas, sendo os recursos insuficientes para atendê-las. (TUNDISI, 2003).

As edificações são grandes consumidoras de recursos naturais, segundo Wines (2000), consumindo 16% do fornecimento mundial de água potável. É de fundamental relevância que este consumo seja feito de maneira racional e consciente, reduzindo os índices de perdas e desperdícios.

A lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, em seu capítulo II, artigo 20, inciso 1, afirma, entre os objetivos da política nacional de recursos hídricos, a necessidade de “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”.

Uma alternativa para enfrentar este problema é adotar processos de reuso de água. Segundo Fernandes et al. (2006) “Reuso da água é a reutilização da água, que, após sofrer tratamento adequado, destina-se a diferentes propósitos, com o objetivo de se preservarem os recursos hídricos existentes e garantir a sustentabilidade.”. O reuso da água em edificações permite o aproveitamento deste recurso para usos menos nobres, minimizando a produção de efluentes e o consumo de água fornecida pelas companhias de saneamento, gerando resultados positivos tanto para o meio ambiente como para a economia.

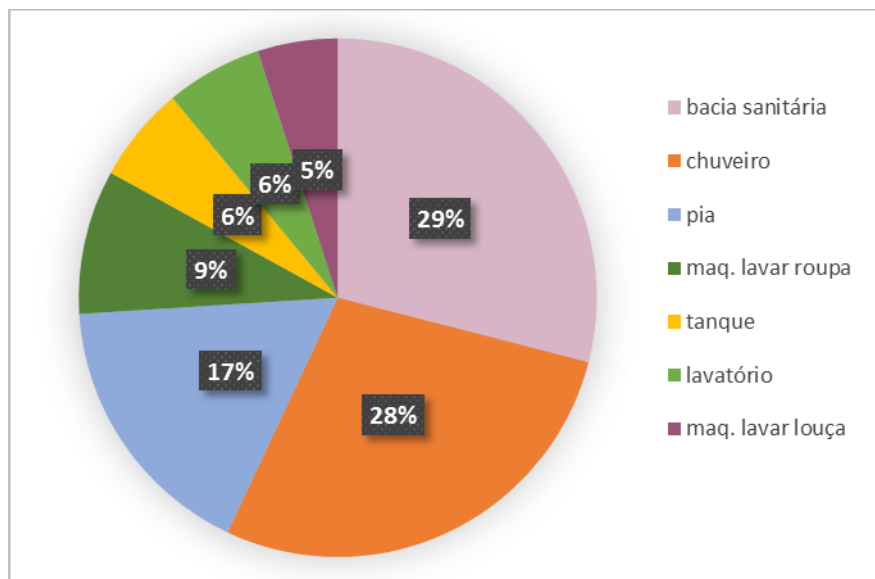
Segundo o Manual da FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo) (2005), “Água cinza para reuso é o efluente doméstico que não possui contribuição da

bacia sanitária e pia de cozinha, ou seja, os efluentes gerados pelo uso de banheiras, chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar roupas.”.

O reuso de águas cinzas pode resultar em economia de água potável, economia de energia elétrica e menor produção de esgoto sanitário na escala das edificações. Em uma escala maior, resulta em preservação dos mananciais de água, por diminuir a quantidade de água captada e por reduzir o lançamento de esgoto sanitário pelas áreas urbanas, além de reduzir o consumo de energia elétrica. (GONÇALVES, 2006, p.154)

Para determinar ações de conservação de água, como o reuso de águas cinzas, é indispensável o conhecimento da distribuição do consumo, que pode variar com o clima da região, renda familiar, tipologia da edificação e características culturais. Estudos realizados no Brasil apontam que 29% do consumo de água num ambiente residencial são destinadas a descargas de bacias sanitárias, seguido de 28% do chuveiro, como mostra a figura 1.

Figura 1. Distribuição do consumo de água nas residências em São Paulo.



Fonte: Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente, 2002.

Segundo Gonçalves (2006) uma importante prática para alcançar a sustentabilidade hídrica é utilizar fontes alternativas de suprimento para abastecer os pontos de consumo de água não potável, dentre as fontes alternativas cita-se o reuso de águas servidas.

A implantação do sistema de reuso de águas cinzas ocorre principalmente por fatores ambientais e econômicos, o qual gera uma economia significativa no consumo de água potável e conseqüentemente na fatura da mesma. Porém deve ser feito o levantamento de custos da implantação do sistema para analisar a viabilidade.

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo realizar este estudo de caso de viabilidade de implantação de sistema de reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um edifício multifamiliar existente na cidade de Criciúma, Santa Catarina.

Para realização deste estudo tem-se os objetivos de: estudar o emprego das águas cinzas e a distribuição física destas na edificação; determinar a oferta e demanda de águas cinzas na edificação; pesquisar um tratamento para as águas cinzas que alcance os parâmetros para reuso em fins não potáveis; analisar e comparar os custos do consumo de água real da edificação com o consumo de água hipotético com a implantação do sistema de reuso; orçar os custos para a implantação do sistema e determinar o período de retorno do capital investido.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo está delimitado a um edifício residencial existente na cidade de Criciúma, onde será analisada a viabilidade da implantação de um sistema de reuso de águas cinzas nas descargas de bacias sanitárias. A viabilidade deste estudo hipotetiza que a edificação está em fase de projeto. Na avaliação da viabilidade foram calculadas a demanda e oferta de águas cinzas da edificação estudada, o consumo monetário real foi analisado e comparado com o consumo hipotético com a utilização do sistema de reuso. O estudo para implantação do sistema foi realizado com base nas normas de água de reuso.

2.1 Descrição da área de estudo

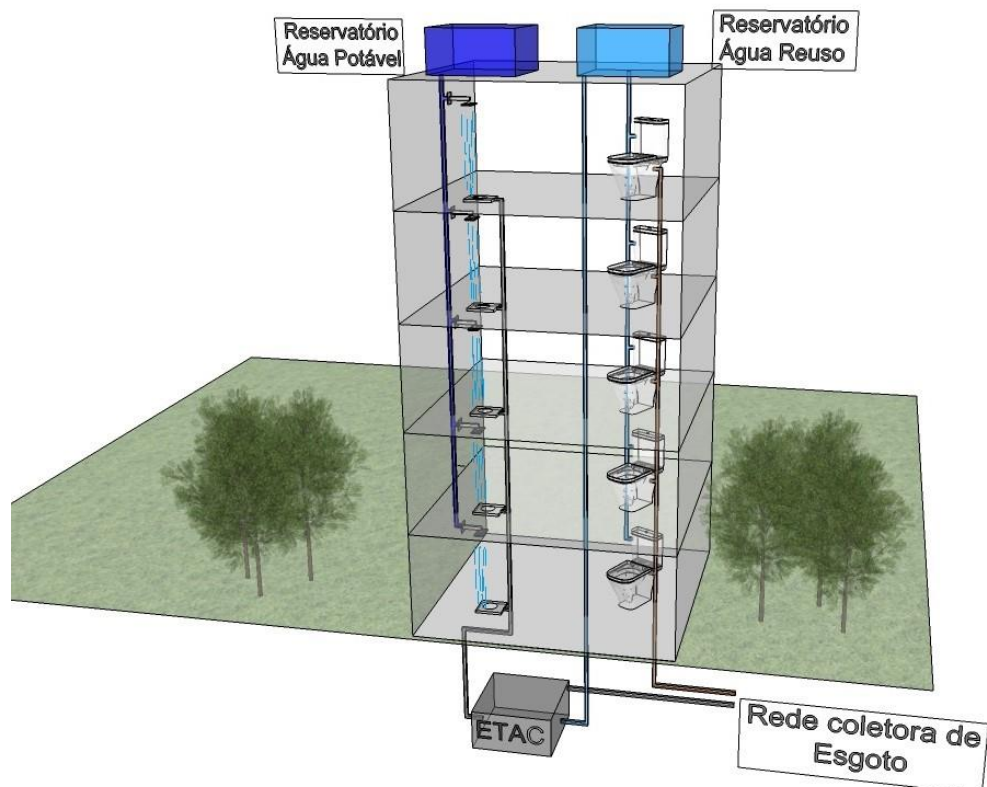
O estudo foi realizado em um edifício multifamiliar localizado na cidade de Criciúma, Santa Catarina. O edifício possui 9 pavimentos sendo 7 pavimentos tipo, um subsolo e o térreo. Cada pavimento tipo contém 3 apartamentos com exceção da cobertura que é dividida em 2 apartamentos. Cada apartamento contém 4 banheiros, somados com os banheiros do salão de festas, área da piscina e área dos funcionários totalizam 84 banheiros. O edifício atende uma população de 63 habitantes atualmente.

2.2 Sistema de reuso de águas cinzas

O esquema apresentado na figura 2 representa o funcionamento do sistema de reuso de águas cinzas proposto para a edificação estudada. Que consiste nas seguintes etapas:

- O reservatório de água potável é abastecido pela rede pública da concessionária ou qualquer sistema particular de fornecimento de água;
- A água armazenada pelo reservatório atende os pontos que necessitam de água potável, como chuveiros e lavatórios;
- A água utilizada por estes pontos, chamada de águas cinzas é coletada, recebe tratamento na ETAC, Estação de Tratamento de Águas Cinzas, e sofre recalque para outro reservatório superior, o reservatório de água de reuso;
- Este reservatório abastece os pontos que aceitam uma água menos nobre, como as descargas de bacias sanitárias;
- A água de reuso utilizada nas descargas segue para rede coletora de esgoto.

Figura 2. Esquema de reuso de águas cinzas.



Fonte: Autor, 2017.

2.3 Padrões de qualidade da água de reuso

O reuso direto de águas cinzas, isto é, no seu estado bruto, não é recomendável, já que estudos realizados no Brasil e no exterior mostram que esse efluente contém elevados teores de matéria orgânica, sulfato, além de turbidez e de moderada concentração de coliformes fecais, outro motivo é o aspecto desagradável e possibilidade de causar odor desagradável nas instalações sanitárias. (DIXON et al., 1999 apud GONÇALVES, 2006).

Segundo o Manual da FIESP (2005) “O uso negligente de fontes alternativas de água ou a falta de gestão dos sistemas alternativos podem colocar em risco o consumidor e as atividades nas quais a água é utilizada, pelo uso inconsciente de água com padrões de qualidade inadequados. ”

O reuso de água servida ou água resultante do processo de tratamento de esgoto é normatizado pela ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, por meio da NBR 13.969/97 (Tanques sépticos), que no item 5.6.4 aborda sobre os graus de tratamento necessários para água de reuso e afirma que “nos casos simples de reuso menos exigente (por exemplo, descarga dos vasos sanitários) pode-se prever o uso da água de enxague das máquinas de lavar, apenas desinfetando, reservando aquelas águas e recirculando ao vaso”.

O manual de conservação e reuso de água em edificações criado, em 2005, pela FIESP em conjunto com o SINDUSCON, Sindicato da Indústria da Construção Civil, e a ANA, Agência Nacional de Águas, apresenta as exigências mínimas para o uso da água não-potável, em função das diferentes atividades a serem realizadas nas edificações. O reuso em descargas está incluso na categoria 1 que abrange ainda o uso em lavagem de pisos, lavagem de roupas e de veículos.

A tabela 1 mostra os parâmetros recomendados pelo manual da FIESP e as concentrações estabelecidas pela NBR 13.969/97 para o reuso em descargas.

Tabela 1. Norma brasileira NBR 13.969/97 e padrões recomendados pelo manual da FIESP.

Parâmetros	Manual da FIESP (BRASIL et al., 2005)	NBR 13.969 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997)
pH	6,0 - 9,0	-
Cor (UH)	≤ 10	-
Turbidez (NTU)	≤ 2	< 10
Odor e aparência	Não desagradáveis	
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1	-
DBO (mg/L)	≤ 10	-
Coliformes fecais (NMP/100mL)	Não detectáveis	< 500
Compostos orgânicos voláteis	Ausentes	-
Nitrato (mg/L)	≤ 10	-
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	≤ 20	-
Nitrito (mg/L)	≤ 1	-
Fósforo total (mg/L)	≤ 0,1	-
Sólido suspenso total (SST) (mg/L)	≤ 5	-
Sólido dissolvido total (SDT) (mg/L)	≤ 500	-

Fonte: Conservação e Reuso da água em Edificações, 2005 e NBR 13.969/97

2.4 Tratamento para água de reuso

O manual da FIESP propõe os possíveis tratamentos a serem implantados de acordo com as fontes alternativas de água em uma edificação, apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Sistemas de tratamentos recomendados em função dos usos potenciais e fontes alternativas de água.

USOS POTENCIAIS	FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA			
	Pluvial	Drenagem	Máquina de lavar roupas	Lavatório + chuveiro
Lavagem de roupas	A + B + F + G	C ou D + F	(D ou E) + B + F + G	(D ou E) + B + F + G
Descargas em bacias sanitárias				
Limpeza de pisos		C + F + G		
Irrigação, rega de jardins		C ou D + F + G		
Lavagem de veículos				
Uso ornamental				

Tratamentos Convencionais:

A= Sistema físico: gradeamento

B = Sistema físico: sedimentação e filtração simples através de decantador e filtro de areia

C = Sistema físico: filtração através de um filtro de camada dupla (areia + antracito).

D = Sistema físico-químico: coagulação, floculação, decantação ou flotação.

E = Sistema aeróbio de tratamento biológico lodos ativados.

F = Desinfecção.

G = Correção de pH.

Fonte: Conservação e Reuso da água em Edificações, 2005.

Novas tecnologias para tratamentos de efluentes vem sendo lançadas, facilitando o processo de instalação, tratamento, operação e manutenção.

No tratamento de águas cinzas provenientes de condomínios pode-se utilizar uma ETA de reuso (Estação de Tratamento de Água de reuso) compacta.

A ETA de águas cinzas tem como objetivo tratar águas cinzas de hotéis e condomínios, isto é, efluentes provindos de banhos, pias de banheiro e lavagens de piso. Este tratamento, além de ajudar a preservar o meio ambiente, poderá reduzir significativamente os custos com água. A água de reuso é ideal para descargas de banheiros, jardinagem, lavagem de carros, peças, motores, pisos e fins que não sejam nobres, ou seja, que não sejam para consumo humano e animal. (ALFAMEC, 2017). A seguir é apresentado o funcionamento de uma Estação para Tratamento de Reuso de água do tipo compacta.

A água suja a ser tratada passará por um misturador hidráulico onde receberá uma dosagem de produtos químicos, automaticamente, necessários para a floculação. Após a adição dos produtos químicos a água ingressará na câmara de floculação onde o floculador terá a função de provocar uma agitação e com isso formar flocos (resíduos/ sólidos). Depois da formação dos flocos, serão encaminhados por gravidade para o decantador onde acontecerá o desprendimento dos flocos, com isso a água já sem floco passará por um filtro que tem como objetivo dar um polimento na água, ou seja, reter os resíduos ainda existentes. Após os processos de limpeza da água apresentado acima, a água estará pronta para ser armazenada em uma caixa d' água e pronta para a sua reutilização. (ALFAMEC, 2017)

Figura 3. ETA de reuso com reservatórios enterrados, modelo com vazões de 800 a 5.000 l/h.



Fonte: Adaptado de ALFAMEC, 2017.

O processo de tratamento proposto pelo modelo da figura 3 consiste nas seguintes etapas: O efluente provindo dos chuveiros e lavatórios é captado e direcionado para um tratamento preliminar, um filtro em que são retidos sólidos grosseiros para que não danifiquem as tubulações e os sistemas de bombeamento, protegendo as próximas etapas do tratamento. O efluente é armazenado no reservatório de água bruta, a seguir são feitos os processos de mistura rápida, floculação, posterior decantação e avança para o filtro de areia e carvão. O tratamento é finalizado com um processo de desinfecção por cloro no reservatório de água tratada e bombeada para o reservatório superior de água de reuso, estando pronta para ser utilizada nas descargas e posteriormente descartadas para rede coletora de esgoto. A estação compacta proposta tem operação automática: dosagem dos produtos químicos; tratamento; bombeamento do processo e retro lavagem do filtro. Dependendo de processos manuais as manutenções do conjunto e limpezas dos reservatórios e tratamento preliminar.

Ressalta-se que o sistema de coleta de águas cinzas não deve ter contato com o sistema de água potável para assegurar a potabilidade desta última.

Os reservatórios de água bruta e água de reuso, água tratada, devem possuir tubulações para extravasor e limpeza com destino final para a rede coletora de esgoto. O lodo gerado segue para a desidratação que será feita através de “geobag” acelerando a secagem e deve ser gerenciado pelo condomínio para correto destino final, por exemplo, aterro sanitário.

O sistema de tratamento analisado atende a proposta de tratamento recomendada pelo manual da FIESP. Durante o funcionamento do sistema o efluente tratado deve ser monitorado periodicamente com relação ao atendimento das normas e condições sanitariamente seguras para os condôminos. A análise periódica é de fundamental importância, sendo que as concentrações obtidas no efluente tratado dependem das características da água cinza gerada.

2.5 Consumo de água real

O consumo monetário do edifício estudado foi avaliado pelas faturas de consumo de água da CASAN (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento). O edifício possui apenas um medidor, este mede o consumo geral do edifício, não havendo controle do consumo em diferentes atividades ou áreas. O período analisado foi de 12 meses

consecutivos. Adotou-se a média obtida neste período, como mostra a tabela 3. Os valores são cobrados de acordo com a tabela tarifária da CASAN para categoria “Residencial B”. A tabela 4 apresenta as tarifas para o ano de 2015/2016 e tabela 5 as tarifas referentes ao período 2016/2017 com início em agosto de 2016 e com reajuste de 10,81%. A taxa de esgoto cobrada corresponde a 100% da tarifa de água. O consumo mínimo cobrado por apartamento é de 10 m³, como o edifício apresenta 20 economias esse valor é de 200 m³.

Tabela 3. Consumo medido.

Mês	Consumo medido (m ³)	Valor
jan/16	200	R\$ 1.435,60
fev/16	287	R\$ 2.580,05
mar/16	391	R\$ 3.948,13
abr/16	423	R\$ 4.369,08
mai/16	410	R\$ 4.198,07
jun/16	410	R\$ 4.198,07
jul/16	391	R\$ 3.948,13
ago/16	399	R\$ 4.053,37
set/16	384	R\$ 4.272,90
out/16	399	R\$ 4.491,54
nov/16	392	R\$ 4.389,50
dez/16	355	R\$ 3.850,18
Média mensal	370,0833	R\$ 3.811,22

Fonte: CASAN

Tabela 4. Tarifas referentes ao período 2015/2016

Categoria	Faixa	m ³	Água R\$
Residencial "B"	1	10	35,89 / mês
	2	11 a 25	6,5773/m ³
	3	26 a 50	9,2278/m ³
	4	> 50	11,0579/m ³
	5	Tarifa Sazonal	13,8221/m ³

Fonte: CASAN.

Tabela 5. Tarifas referentes ao período 2016/2017

Categoria	Faixa	m ³	Água R\$
Residencial "B"	1	10	39,77/mês
	2	11 a 25	7,2883/m ³
	3	26 a 50	10,2253/m ³
	4	> 50	12,2532/m ³
	5	Tarifa Sazonal	15,3163/m ³

Fonte: CASAN.

2.6 Dimensionamento dos reservatórios

Segundo a NBR 5626/98, Instalação Predial de Água Fria para o dimensionamento do reservatório inferior adotou-se como volume útil, 60% ou três quintos do volume total necessário para abastecer a unidade sanitária durante 24 horas, no mínimo. Um conjunto motor-bomba é utilizado para bombeamento destas águas ao Reservatório Superior de Água para reuso.

$$R_i = \frac{3}{5} Vt \quad \text{Equação (1)}$$

Para o dimensionamento do reservatório superior adotou-se como volume útil, 40% ou dois quintos do volume total necessário para abastecer a unidade sanitária durante 24 horas, no mínimo.

$$R_s = \frac{2}{5} Vt \quad \text{Equação (2)}$$

2.7 Viabilidade econômica da implantação do sistema de reuso

Para estudo e análise da viabilidade de implantação do sistema primeiramente identificou-se os custos de material, operação e manutenção.

Na elaboração do orçamento foram utilizados valores de acordo com a tabela SINAPI, Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, tabela de preço da CASAN e orçamentos com empresas do mercado.

Os valores relacionados a tabela da CASAN e SINAPI foram acrescidos BDI, Benefícios e Despesas Indiretas, de 24,18% de acordo com o TCU, Tribunal de Contas da União.

2.8 Período de retorno do investimento

Com a economia anual do consumo de água devido a implantação do sistema de reuso, juntamente com o valor de implantação e gastos anuais realizou-se o fluxo de caixa com entradas e saídas em um período de 15 anos, de acordo com a vida útil do equipamento (15 à 20 anos).

O valor presente líquido, representado pela equação 3, é determinado pela soma dos valores do fluxo de caixa, trazidos para o tempo presente. Ou seja, valores futuros são

descontados para a data presente e somados com o valor inicial do fluxo de caixa. (HOCHHEIM, 2002)

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1+i)^t} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

VPL: Valor presente líquido;

F: Representa os valores do fluxo de caixa;

i: Taxa mínima de atratividade (TMA);

t: Representa os períodos.

A taxa mínima de atratividade, segundo Filho; Kopittke (2000) é a taxa a partir da qual o investidor acredita que está lucrando financeiramente. A taxa adotada no trabalho em questão, foi a taxa SELIC, Sistema Especial de Liquidação e Custódia, obtida no Banco Central do Brasil.

Após o cálculo do VPL pode-se analisar se o investimento é viável ou não. Se VPL for maior que zero, o investimento é viável e terá um retorno do capital investido com uma taxa maior que TMA; se o valor de VPL for igual a zero, o investimento ainda é viável, só que apresentará um retorno com taxa igual a TMA; já se o valor de VPL for negativo, o investimento não é viável, o retorno terá uma taxa inferior a TMA.

Para determinar o Tempo de Retorno do Capital (TRC) verifica-se em que instante o somatório dos valores no instante "0" torna-se positivo. O último período com valor negativo é o ano que em que se tem retorno do investimento, somando-se o débito deste período com o crédito do ano seguinte e dividindo-se por 12, tem-se a economia em um mês. A divisão do débito no período em que o sistema se pagou pela economia por mês determina o mês em que ocorre a recuperação do investimento.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa i para VPL igual a zero, como mostra a equação 4.

$$\sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1+i)^t} = 0 \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

F: Representa os valores do fluxo de caixa;

i: Taxa de juros obtida;

t: Representa os períodos.

Pode-se considerar um investimento viável se $TIR \geq TMA$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Demanda e oferta de águas cinzas

Como forma de reuso, de acordo com as características do empreendimento, é previsto a utilização dos efluentes tratados e desinfetados na descarga dos vasos sanitários. A vazão de reuso necessária será aquela correspondente a demanda provocada pelas descargas dos vasos sanitários. Como visto na Figura 1, as bacias sanitárias consomem 29% da água num ambiente residencial. Considerando o consumo médio mensal, visto na tabela 3, a tabela 6 apresenta a demanda de águas cinzas.

Tabela 6. Demanda diária de águas cinzas

Ponto de consumo	Consumo mensal em %	Vazão em l/dia
Bacias sanitárias	29	3.577,47

Fonte: Autor, 2017.

O cálculo para a demanda das descargas, como observa-se na tabela 7, também pode ser feito considerando o número de habitantes da edificação, o volume de água dos vasos sanitários da edificação considerada e a frequência de descargas por habitante. (GONÇALVES, 2006)

Tabela 7. Demanda diária de águas cinzas

População	63 habitantes
Bacia Sanitária	10 l/descarga
	5 descargas por dia
	Perdas por vazamento de 10%

Fonte: Autor, 2017.

Multiplicando os valores apresentados na tabela 7 tem-se uma demanda de 3.465 l/dia que representa 28,08% do consumo total. Valor próximo do valor apresentado na figura 1, 29%.

A demanda adotada para continuidade do presente estudo será correspondente a 29% do consumo diário, ou seja, o valor apresentado na tabela 6, 3.577,47 l/dia.

Para cálculo da oferta diária de águas cinzas foram considerados os dados da figura 1 e o consumo médio do edifício estudado. A tabela 8 apresenta a oferta de águas cinzas.

Tabela 8. Oferta diária de águas cinzas

Ponto de consumo	Consumo mensal em %	Vazão em l/dia
Chuveiro	28	3.454,11
Lavatório	6	740,17
Maq. Lavar roupa	9	1.110,25
Tanque	6	740,17
Total	49	6.044,69

Fonte: Autor, 2017.

Para análise de cálculo será considerado um coeficiente de retorno de 100%, visto as características de uma edificação privativa multifamiliar.

Com base nos valores de demanda e oferta desta edificação, avalia-se que a oferta de águas cinzas suprirá a demanda das bacias sanitárias na edificação estudada.

3.1.1 Dimensionamento dos reservatórios

O sistema conta com três reservatórios, um reserva a água cinza bruta e dois reservam a água cinza tratada.

O reservatório de água cinza bruta foi adotado o volume de 5.000 litros considerando que não há interrupção na oferta não justifica adotar volume maior. Esta reserva garante o funcionamento da ETA de reuso por 6,25 horas, considerando a vazão da ETA de reuso de 800 l/h.

Os reservatórios de água tratada, inferior e superior, foram dimensionados de acordo com o item 2.6 apresentado em materiais e métodos. Neste caso, o volume adotado para cálculo foi o valor da oferta diária de águas cinzas.

$$R_i = 6044,69 \times 0,6 = 3626,81 \text{ litros}$$

Foi adotado um reservatório inferior de 5.000 litros.

$$R_s = 6044,69 \times 0,4 = 2417,88 \text{ litros}$$

Foi adotado um reservatório superior de 3.000 litros.

Somando o volume reservado de água tratada tem-se um volume total de 8.000 litros, considerando a demanda diária das bacias sanitárias de 3.577,47 litros, este volume reservado é capaz de abastecer o condomínio por 2,24 dias em casos de manutenção ou parada programada da ETA de reuso.

O reservatório superior de água de reuso deve possuir boia de nível e válvula de retenção que serão utilizados em casos de manutenção ou oferta de água cinza

insuficiente. Através da boia de nível o abastecimento do reservatório de água de reuso será acionado e abastecido com água potável, e a válvula de retenção garantirá o fluxo em sentido único da água cinza na tubulação que alimenta o reservatório superior de água de reuso.

O excesso de água nos reservatórios é descartado para a rede coletora de esgoto através do extravasor.

O sistema de água potável não deve ter contato direto entre o sistema de água de reuso.

3.2 Consumo hipotético com o sistema de reuso

A utilização da água cinza tratada nas bacias sanitárias resulta na economia de 29% do consumo de água. Descontado este percentual de economia do consumo real medido, tabela 3, tem-se os valores de consumo hipotético do sistema, conforme vê-se na tabela 9.

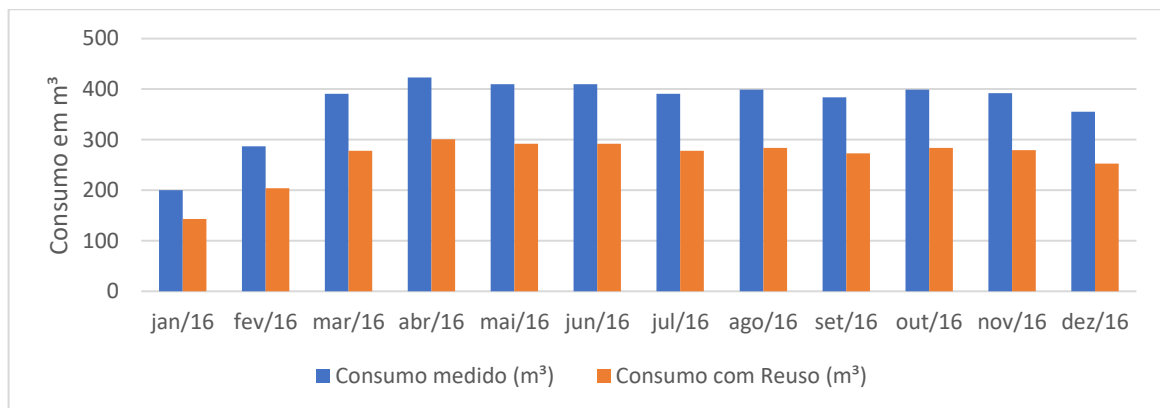
Recalculou-se os valores de acordo com os novos consumos e as tabelas 4 e 5, e teve-se um consumo monetário médio mensal de R\$ 2.418,29, sendo que sem o sistema de reuso este valor foi de R\$ 3.811,22. A implantação do sistema de reuso de águas cinzas nas bacias sanitárias representou uma economia média mensal de R\$ 1.392,93, ou seja, 36,55% no valor da conta de água. As figuras 4 e 5 comparam graficamente o consumo real e o consumo hipotético com a implantação do sistema de reuso.

Tabela 9. Consumo com o sistema de reuso.

Mês	Consumo com Reuso (m ³)	Valor
jan/16	142	R\$ 1.435,60
fev/16	204	R\$ 1.488,22
mar/16	278	R\$ 2.461,66
abr/16	301	R\$ 2.764,21
mai/16	292	R\$ 2.645,82
jun/16	292	R\$ 2.645,82
jul/16	278	R\$ 2.461,66
ago/16	284	R\$ 2.540,59
set/16	273	R\$ 2.654,90
out/16	284	R\$ 2.815,24
nov/16	279	R\$ 2.742,36
dez/16	253	R\$ 2.363,36
Média mensal	263,3333	R\$ 2.418,29

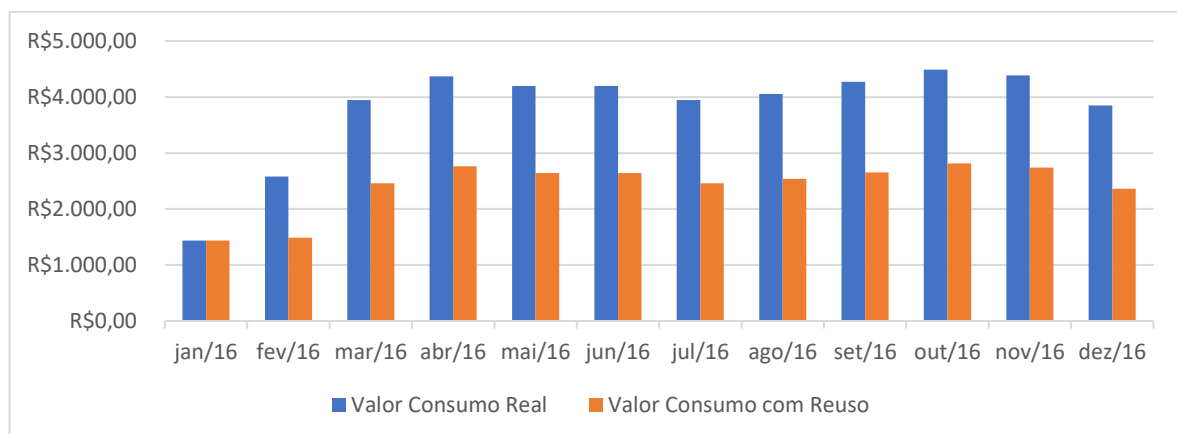
Fonte: Autor, 2017.

Figura 4. Gráfico comparativo do volume real consumido X volume hipotético consumido com o sistema de reuso.



Fonte: Autor, 2017.

Figura 5. Gráfico comparativo do valor consumido real X valor hipotético consumido com o sistema de reuso.



Fonte: Autor, 2017.

Nas figuras 4 e 5, pode-se observar graficamente o impacto, com o emprego do reuso de águas cinzas nas bacias sanitárias, na redução do volume consumido de água potável e de forma consecutiva na redução monetária da conta de água cobrada pela concessionária.

Este impacto torna-se relevante para as políticas de racionalização e uso consciente da água potável, pois gera economia anual de 1.281m³ de água potável que poderá atender outros fins que não podem ser utilizadas águas de reuso. E, conseqüentemente, o impacto financeiro para os condôminos com a economia na conta de água, representando o valor anual de R\$16.715,16.

3.3 Custos de implantação do sistema

No orçamento do sistema foram consideradas as seguintes observações:

- A ETA de reuso adotada tem vazão de 800l/h, menor vazão disponível no mercado, irá operar 4,47 h/dia;
- Para instalação das duas cisternas de 5.000 litros, com altura de 1,50 metros e diâmetro de 2,25 metros, foi considerado um volume de solo escavado de 36 m³;
- A potência da motobomba centrífuga utilizada para recalque da água de reuso tratada do reservatório inferior ao reservatório superior é de 0,99 HP com alcance de 40 metros a uma vazão de 600l/h. A bomba foi determinada a partir da altura manométrica de 33 metros, vazão de 600l/h e 6 horas de funcionamento da bomba por dia;
- Tubulação de queda com diâmetro de 100 mm para cada banheiro para coleta das águas cinzas, considerando que a tubulação existente será utilizada para captar as águas negras. A edificação apresenta 12 banheiros por pavimentos e altura total considerada de 30 metros, sendo necessários 360 metros de tubo de esgoto com diâmetro de 100mm;
- A tubulação de queda da lavanderia será utilizada a existente;
- 40 metros de tubulação soldável de água com diâmetro de 25mm para recalque da água cinza tratada da cisterna para o reservatório superior;
- Duas cisternas de 5.000 litros e um reservatório de 3.000 litros;
- ETA compacta para reuso considerada neste estudo não necessita operador, pois tem suas funções automáticas. Os gastos com a operação deste sistema serão apenas com produtos químicos e as manutenções do maquinário. A potência da ETA é de 1,20 kWh;
- Não foram considerados os custos com os seguintes itens:
 - Conexões;
 - Licença ambiental, visto que o Brasil não possui uma legislação específica para reuso de águas cinzas;
 - Gerenciamento do lodo para um destino final, em decorrência do pouco volume gerado pelo tratamento.

A tabela 10, apresenta os custos para a implantação do sistema de reuso com valores orçados com empresas do mercado e a tabela 11, apresenta os custos para a

implantação do sistema de reuso com os valores retirados da tabela do SINAPI e da CASAN com acréscimo de BDI.

Tabela 10. Custos para implantação do sistema de reuso de águas cinzas - I.

Item	Unidade	Quantidade	Preço Uni. (R\$)	Preço Total
ETAC com fornecimento, instalação e treinamento	un	1	47.360,00	47.360,00
Cisterna em polietileno 5000l	un	2	4.175,27	8.350,54
Reservatório polietileno 3000l	un	1	1.070,91	1.070,91
			Total	56.781,45

Fonte: Autor, 2017.

Tabela 11. Custos para implantação do sistema de reuso de águas cinzas - II.

Item	Unidade	Quantidade	Preço Uni. (R\$)	Preço Total
Bomba centrífuga com instalação 0,99HP 40m 600l/h	un	2	875,83	1.751,66
Escavação mecanizada de cavas em solo não rochoso com profundidade de até 2,00 m	m ³	36	4,44	159,84
Carga e descarga - solo	m ³	36	0,95	34,20
Transporte de material escavado (1Km)	m ³ xkm	36	0,62	22,32
Aterro /Reaterro de cavas com fornecimento de areia	m ³	26	47,19	1.226,94
Transporte de areia para aterro (5 km)	m ³ xkm	26x5	0,60	78,00
Tampão de ferro fundido simples com base 900 mm	un	2	1.286,67	2.573,34
Assentamento de tampão de ferro fundido 900 mm	un	2	90,23	180,46
Execução de base em concreto não estrutural	m ³	1,8	253,09	455,56
Tubo PVC DN 100mm para esgoto fornecimento e instalação	m	360	15,63	5626,8
Tubo PVC soldável água fria DN 25mm fornecimento e instalação	m	40	3,75	150
Total Sem BDI				12.259,12
Total com BDI (24,18%)				15.223,38

Fonte: Autor, 2017.

O valor total de implantação do sistema, somando os valores das tabelas 10 e 11, é de R\$72.004,83.

Nos custos mensais com a operação e manutenção do sistema considerou-se os seguintes fatores: os produtos químicos, troca da geobag, manutenção e revisão completa da estação de tratamento, foram determinados a partir de orçamentos com empresas do mercado.

Os gastos com energia elétrica promovidos pela estação de tratamento, com bombeamentos internos inclusos e a bomba para recalque do reservatório inferior para o superior, foram estimados de acordo com a potência e tempo de trabalho:

- A potência da estação de tratamento é de 1,20 kWh, e pode tratar até 800 litros por hora, considerando a demanda de 3.577,47 litros por dia, serão necessárias 4,47 horas de funcionamento da estação por dia, representando um consumo mensal de 160,92 kWh/mês;
- A motobomba centrífuga com potência de 0,99Hp (0,738243 kW) pode recalcar 600 litros por hora, considerando a demanda consumida e a oferta tratada, o funcionamento da elevatória será de 6 horas por dia, consumindo 132,88 kWh/mês;
- A soma dos consumos dos equipamentos totaliza 293,80kWh/mês, considerando as tarifas com tributos estabelecidas pela Celesc, Centrais Elétricas de Santa Catarina, tem-se um gasto de R\$172,46 por mês.

A Tabela 12, apresenta os gastos mensais/anuais da manutenção e operação do sistema de reuso.

Tabela 12. Gastos mensais/anuais do sistema de reuso de águas cinzas

Item	Preço (R\$)	Frequência anual	Custo mensal	Custo anual
Produtos químicos	120,00	12	120,00	1.440,00
Troca da Geobag	180,00	4	60,00	720,00
Manuntenção	3.500,00	1	291,67	3.500,00
Energia elétrica	172,46	12	172,46	2.069,52
Limpeza dos reservatórios (3 uni)	67x3	2	33,50	402,00
Troca dos filtros	800,00	1	66,67	800,00
Total			744,29	8.931,52

Fonte: Autor, 2017.

Subtraindo o valor do custo anual, representado na tabela 12, de R\$ 8.931,52 da economia anual na conta de água no valor de R\$16.715,16, tem-se uma economia anual de R\$7.783,64.

3.4 Período de retorno do investimento

Será considerado nos cálculos um aumento anual na tarifa de água de 10% ao ano, de acordo com o último reajuste feito pela CASAN.

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) adotada foi a taxa SELIC, a média dos valores registrados de janeiro até abril de 2017 pelo Banco Central do Brasil é de 12,07% ao ano.

Com os dados necessários coletados e calculados, pôde-se montar o fluxo de caixa. E de acordo com o item 2.8 apresentado em materiais e métodos, pôde-se analisar a viabilidade do projeto.

A tabela 13 segue as prescrições de Magagnin (2010) e representa a análise econômica do sistema, as informações sobre cada coluna são sequenciadas abaixo:

- Coluna 1 – Período: Representa o tempo em que ocorre uma entrada ou saída do fluxo de caixa. Cada período representa 1 ano. O fluxo de caixa considerado foi de 15 anos, 16 períodos foram adotados, o instante “0” representa a instalação do sistema;
- Coluna 2 – Ano: Numeração dos anos no fluxo de caixa;
- Coluna 3 - Valor da economia de água: O valor final de economia anual com o sistema de reuso de água de R\$7.783,64;
- Coluna 4 – Reajuste na tarifa de água: Apresenta o valor do reajuste de 10% ao ano;
- Coluna 5 – Valor da economia com o reajuste: Apresenta os valores reajustados, o reajuste inicia já no primeiro ano de uso e é acumulativo;
- Coluna 6 – Fluxo de caixa: O fluxo inicia com a saída do valor do investimento e segue com as entradas de economia de água reajustadas;
- Coluna 7 – Fluxo de caixa no instante “0”: Os valores do fluxo de caixa são trazidos para o instante “0” de acordo com a equação 3 e a Taxa Mínima de Atratividade é utilizada para fazer o desconto do valor futuro apresentado no fluxo de caixa e converte-lo em valor presente;

- Coluna 8 – Somatório dos valores no instante “0”: A partir do investimento é somado ano a ano com os valores do fluxo de caixa no instante “0” e determinou-se em quantos anos o investimento será pago.

Tabela 13. Análise econômica do sistema de reuso.

1	2	3	4	5	6	7	8
Período	Ano	Economia	Reajuste Água 10% a.a	Valor da economia com reajuste	Fluxo de caixa	Fluxo de caixa no instante "0"	Somatório dos valores no instante "0"
0	2017				-R\$ 72.004,83		-R\$ 72.004,83
1	2017	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 8.562,00	R\$ 8.562,00	R\$ 7.639,87	-R\$ 64.364,96
2	2018	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 9.418,20	R\$ 9.418,20	R\$ 7.498,76	-R\$ 56.866,20
3	2019	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 10.360,02	R\$ 10.360,02	R\$ 7.360,25	-R\$ 49.505,95
4	2020	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 11.396,03	R\$ 11.396,03	R\$ 7.224,30	-R\$ 42.281,64
5	2021	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 12.535,63	R\$ 12.535,63	R\$ 7.090,87	-R\$ 35.190,78
6	2022	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 13.789,19	R\$ 13.789,19	R\$ 6.959,89	-R\$ 28.230,88
7	2023	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 15.168,11	R\$ 15.168,11	R\$ 6.831,34	-R\$ 21.399,54
8	2024	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 16.684,92	R\$ 16.684,92	R\$ 6.705,16	-R\$ 14.694,38
9	2025	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 18.353,42	R\$ 18.353,42	R\$ 6.581,31	-R\$ 8.113,07
10	2026	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 20.188,76	R\$ 20.188,76	R\$ 6.459,75	-R\$ 1.653,32
11	2027	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 22.207,63	R\$ 22.207,63	R\$ 6.340,44	R\$ 4.687,12
12	2028	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 24.428,40	R\$ 24.428,40	R\$ 6.223,33	R\$ 10.910,45
13	2029	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 26.871,24	R\$ 26.871,24	R\$ 6.108,38	R\$ 17.018,82
14	2030	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 29.558,36	R\$ 29.558,36	R\$ 5.995,55	R\$ 23.014,37
15	2031	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 32.514,20	R\$ 32.514,20	R\$ 5.884,81	R\$ 28.899,18

Fonte: Autor, 2017.

Através da TMA calculou-se o Valor Presente Líquido de projeto que foi igual a R\$28.899,18, sendo um valor positivo mostra que o investimento é viável.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) foi obtida, com os dados do fluxo de caixa, no valor de 17%, sendo superior à TMA, indica que o investimento é viável.

Verifica-se na tabela 13 que o último débito se encontra no período 10, de acordo com o item 2.8, somou-se o débito do período 10 com o crédito do período 11 e dividiu-se por 12 resultando uma economia mensal de R\$528,37, o débito do período 10 dividido pela economia mensal resultou no valor de 3,13 ou seja, o Tempo de Retorno do Capital é de 10 anos e 4 meses.

4. CONCLUSÃO E SUGESTÕES

A implantação de um sistema de reuso de águas cinzas em edifício multifamiliar traz benefícios ambientais, reduzindo significativamente o consumo de água potável e

assim também a quantidade de efluente emitida na rede coletora de esgoto, e econômicos reduzindo os valores das contas de água.

Com as características de distribuição de consumo de água em um ambiente residencial, observa-se que a oferta de águas cinzas é maior que a demanda, podendo ser utilizada em outros pontos, não considerados no presente trabalho, que não necessitam de água potável, como lavagem de pisos, rega de jardins, lavagem de veículos, aumentando ainda mais a economia no consumo e na fatura.

As novas tecnologias em tratamento de efluentes vem facilitando a implantação do sistema de reuso, demandando pouco espaço, realizando operações e dosagem de produtos automática, tornam-se opções mais atraentes para os condôminos.

Com o levantamento de custos para implantação do sistema representado pelo valor de R\$ 72.004,83 e economia final anual de R\$7.783,64 o investimento mostrou-se viável e com período de retorno de 10 anos e 4 meses. Esta viabilidade seria melhor se o sistema atendesse uma população maior do que a apresentada no presente trabalho.

Apesar do período de retorno do investimento ser de 10 anos e 4 meses, desde a implantação do sistema o condomínio tem ganhos intangíveis como a preservação de recursos ambientais e a valorização da edificação no mercado imobiliário. Um processo sustentável como o reuso de águas cinzas tem um efeito ambiental imensurável, já que utiliza com responsabilidade a água disponível, evitando comprometer as demandas das futuras gerações.

6. REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5626: Instalação predial de água fria.** Rio de Janeiro, 1998.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13969: Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação.** Rio de Janeiro, 1997.

ALFAMEC. **Estação de tratamento de água para reuso.** Ribeirão Pires, SP: 2017. Disponível em: <<http://alfamec.com.br/produtos/tratamento-de-agua/eta-estacao-para-tratamento-de-agua-para-reuso/>> Acesso em: 09 mar. 2017.

ANA/FIESP/SINDUSCON-SP. **Conservação e reuso de água em edificações.** São Paulo, Prol Editora Gráfica, 2005. Disponível em: <<http://az545403.vo.msecnd.net/uploads/2014/08/conservacao-e-reuso-de-aguas-2005.pdf>> Acesso em: 03 mar. 2017.

Banco Central do Brasil. **Histórico das taxas de juros**. Disponível em:
<<http://www.bcb.gov.br/Pec/Copom/Port/taxaSelic.asp>> Acesso em 03 jun. 2017.

BIO: **Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro, jan/mar, 2002.

CASAN - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento.

Tarifa residencial: Disponível em:

<<http://www.casan.com.br/menuconteudo/index/url/residencial#300>> Acesso em: 02 mar. 2017.

Tabela de preços: Disponível em:

<http://www.casan.com.br/ckfinder/userfiles/files/Licitacoes/Regulamentacao_Precos/Tabela%20de%20Pre%C3%A7os_ABRIL_2016_Sem%20Desonera%C3%A7%C3%A3o.pdf#900> Acesso em: 16 mai. 2017.

CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina. **Simulador de consumo**:

Disponível em: <<http://www.celesc.com.br/simulador/>> Acesso em: 30 mai. 2017.

FERNANDES, V.M.C; FIORI, S.; PIZZO, H. **Avaliação qualitativa e quantitativa do reuso de águas cinzas em edificações**. Ambiente Construído, Porto Alegre, 2006.

FILHO, N. C. e KOPITCKE, B. H. **Análise de Investimentos**. 9ª Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2000. 458p.

GONÇALVES, R. F. et al. **Uso Racional da Água em Edificações**. Vitória: ABES, 2006. 352p.

HOCHHEIM, N. **Engenharia Econômica**. Curso do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia, Florianópolis, 2002.

Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm

LEME, **Manual prático de tratamento de águas residuárias**, 2. ed. São Carlos. SP. 2014. Editora UFSCAR.

MAGAGNIN, André Luiz. **Impactos econômicos do uso de energia solar para aquecimento de água em residências unifamiliares**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Disponível em:

<http://www2.seplag.pe.gov.br/c/document_library/get_file?p_l_id=6189117&folderId=6475260&name=DLFE-34564.pdf> Acesso em: 16 mai. 2017.

TCU - Tribunal de Contas da União.

Valores do BDI por tipo de obra. Disponível em:

<<http://licitacoes.ufsc.br/files/2014/10/Ac%C3%B3rd%C3%A3o-2622-2013-BDI.pdf>> Acesso em: 16 mai. 2017.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; RODRÍGUEZ, S. L. **Gerenciamento e Recuperação das Bacias Hidrográficas dos Rios Itaqueri e do Lobo e da Represa Carlos Botelho (Lobo-Broa)**. IIE, IIEGA, PROAQUA, ELEKTRO, 2003

WINES, J. **Green Architecture**. Milan: Taschen, 2000.