UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

DIEGO SEGATTO VALADARES GOASTICO

Estudo de viabilidade econômica da implantação de um sistema de reuso de água cinza para uma residência unifamiliar de alto padrão

Vitória

2014

DIEGO SEGATTO VALADARES GOASTICO

Estudo de viabilidade econômica da implantação de um sistema de reuso de água cinza para uma residência unifamiliar de alto padrão.

Trabalho de Conclusão de Curso Apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo Para a Obtenção Parcial do Grau de Engenheiro Ambiental.
Orientador: PhD. Ricardo Franci Gonçalves.

Vitória
2014

Ficha Catalográfica

GOÁSTICO, Diego Segatto Valadares
ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE REUSO DE ÁGUA CINZA PARA UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR DE ALTO PADRÃO – 2014.

101p. (Departamento de Engenharia Ambiental – DEA/UFES, Graduação em Engenharia Ambiental, 2014).

Orientador: Ricardo Franci Gonçalves.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, UFES.
1. *Wetland* 2. Viabilidade econômica 3. Residência unifamiliar 4. Título

DEDICATÓRIA

À minha família.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por iluminar meus pensamentos e meu caminho, além de conceder-me forças para acreditar que seria possível chegar até este momento.

À toda a minha família que sempre me incentivou e acreditou em mim, minha irmã, meus avós, os que estão presentes e os que lá de “cima” me acompanham, aos tios, tias, primos e primas. Em especial agradeço aos meus pais por nunca deixarem de acreditar no meu potencial e sempre me incentivar de todas as formas desde os primeiros passos, fazendo o possível e o impossível para alcançar esta vitória.

Ao meu orientador, Ricardo Franci, por aceitar me orientar neste estudo, mostrando-se sempre disposto a me auxiliar e incentivar. Para mim é um orgulho ser orientado por uma pessoa tão dedicada e de caráter exemplar.

À minha noiva, Gabi, que sem ela não teria forças para chegar até aqui. Sempre acreditando, apoiando e incentivando, não medindo esforços para dar a sua colaboração e ter a certeza de que estava tudo como deveria ser. Por fazer os momentos ficarem mais felizes, pela sua companhia e pelas risadas. Essa vitória também é dela.

Aos meus amigos, que compartilham os momentos alegres nos finais de semana, repondo as energias para que a semana seguinte comece com força total.

Obrigado a todos!

Estudo de viabilidade econômica da implantação de um sistema de reuso de água cinza para uma residência unifamiliar de alto padrão.

RESUMO

O presente estudo foi realizado em uma edificação residencial unifamiliar, construída no Condomínio Boulevard Lagoa, uma área residencial de alto padrão localizada nas proximidades do bairro Feu Rosa em Serra/ES. Com o objetivo de caracterizar o consumo de água dessa edificação dotada de um sistema de reuso de águas cinza, avaliar a viabilidade econômica do projeto e estimar o tempo de retorno do investimento. Tal sistema é constituído de pré-tratamento (cesto com peneira), tratamento aeróbio (*wetland* de fluxo vertical) e desinfecção (pastilha de hipoclorito de sódio), apresentando dimensionamento adequado às necessidades de tratamento e armazenamento de águas cinza produzidas. A caracterização da edificação, a ocupação da residência, os hábitos pessoais de moradores e empregados, assim como a caracterização e quantificação do consumo de água da residência, foram adquiridos com a aplicação de um questionário, o qual identificou a totalidade de 948 litros consumidos diariamente por dois (02) moradores fixos e três (03) empregados. Quanto à produção de águas cinza, tem-se o valor de 813 litros/dia, o qual foi comparado com vazões aferidas pela CESAN e pela vazão nominal do projeto (600 litros/dia), sendo esta utilizada como referência para o estudo de viabilidade econômica. A partir do capital para a implantação do sistema (R$ 8.360,00), da determinação dos custos periódicos fixos e variáveis, e da economia no consumo de água proporcionado pelo sistema, foi possível avaliar a viabilidade econômica e o tempo de retorno do investimento pelos seguintes métodos: o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *Payback* Descontado. Logo, concluiu-se que a implantação de um sistema de reuso de água cinza para fins não potáveis é viável economicamente para uma residência unifamiliar de alto padrão em um horizonte de projeto de 10 anos.

Palavras-chave: *Wetland*, viabilidade econômica e residência unifamiliar.

Estudo de viabilidade econômica da implantação de um sistema de reuso de água cinza para uma residência unifamiliar de alto padrão.

ABSTRACT

This study was conducted in a single-family residential building, built in the Condomínio Boulevard Lagoa, a residential area of high standard located in the vicinity of Feu Rosa, Serra/ES. For the order to characterize the water consumption of this building provided with a reuse system gray water, evaluate the economic viability of the project and the return time of the investment. This system consists of pre-treatment (with a sieve basket), aerobic treatment (vertical flow *wetland*) and disinfection (sodium hypochlorite tablet), with appropriate scaling to the processing and storage that gray water produced needed. The characterization of the building, the occupation of the residence, the personal habits of residents and employees, as well as the characterization and quantification of household water consumption, were compiled with the application of a questionnaire, which identified all of 948 liters consumed daily for two (02) fixed residents and three (03) employees. For the production of gray water has the value of 813 liters/day, which was compared with the measured flow and the nominal flow CESAN design (600 liters/day), used as reference for the feasibility study economic. From the capital to the system implementation (R$ 8.360,00), the determination of fixed and variable periodic costs, and savings in the water consumption provided by the system, it was possible to evaluate the economic viability and the return time of the investment by the following methods: the Net Present Value (NPV), Internal rate of Return (IRR) and the Discounted Payback. Therefore, it was concluded that the implementation of a gray water recycling system for a non-potable purposes is economically feasible for an upscale single-family residence in a horizon of a 10 years of design.

Keywords: *Wetland*, economic viability and single-family residence.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Imagem de satélite da localização do Condomínio. Adaptado de Google Maps. 19
Figura 2: A água e a sua posição central em relação aos processos como biodiversidade, energia e clima. Modificado de TUNDISI (2008). 23
Figura 3: Fatores para implantação do reuso de água Fonte: Mendonça (2004).....31
Figura 4: Esquema ilustrativo de um sistema de reuso de água. Fonte: Oliveira et al., (2007). 34
Figura 5: Wetland construído de fluxo vertical. Adaptado de Morel e Diener (2006). 43
Figura 6: Detalhes de um hidrômetro. Fonte: Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Antonina – PR. 52
Figura 7: Fluxograma do sistema de tratamento. Fonte: Fluir Engenharia Ambiental. 53
Figura 8: Pré-tratamento (caixa de retenção com peneira). 54
Figura 9: Pré-tratamento instalado no interior do reservatório. 54
Figura 10: Detalhe da bomba para recalque do efluente. 55
Figura 11: Localização da bomba em relação ao peneiramento. 55
Figura 12: Camada superficial do *wetland*, composta por brita nº 1. 56
Figura 13: *Wetland* após a plantação das macrófitas.....56
Figura 14: Touceiras de mini-papiros. 57
Figura 15: Detalhe da parte ornamental do mini-papiro. 57
Figura 16: Detalhe no espaçamento entre as touceiras. 57
Figura 17: Visão geral do espaçamento entre as touceiras. 57
Figura 18: Face superior do tanque de contato/cisterna. 58
Figura 19: Interior do tanque de contato/cisterna. 58
Figura 20: Posicionamento do clorador no interior do tanque. 58
Figura 21: Detalhe do clorador. 58
Figura 22: Distribuição da ocupação residencial por gênero.....65
Figura 23: Consumo de água do morador 1 em cada aparelho hidrossanitário. 67
Figura 24: Contribuição quantitativa dos aparelhos no consumo de água do morador 1. 68

Figura 25: Consumo de água do morador 2 em cada aparelho hidrossanitário. 69
Figura 26: Contribuição quantitativa dos aparelhos no consumo de água do morador 2. 70
Figura 27: Consumo de água do empregado 1 em cada aparelho hidrossanitário. .71
Figura 28: Contribuição quantitativa dos aparelhos no consumo de água do empregado 1. 72
Figura 29: Consumo de água do empregado 2 em cada aparelho hidrossanitário. .73
Figura 30: Contribuição quantitativa dos aparelhos no consumo de água do empregado 2. 74
Figura 31: Consumo de água do empregado 3 em cada aparelho hidrossanitário. .75
Figura 32: Contribuição quantitativa dos aparelhos no consumo de água do empregado 3. 75
Figura 33: Consumo médio diário de água por frequentador (litros/dia). 76
Figura 34: Consumo médio diário por aparelho hidrossanitário (litros/dia). 77
Figura 35: Comparação das diferentes fontes para definição da vazão.....78
Figura 36: Tempo de retorno de capital do investimento. 90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição da residência – quantidade de cômodos e área de ocupação. 20
Tabela 2: Variação da intensidade energética nas etapas do ciclo urbano da água (KLEIN, 2005).....26
Tabela 3: Tecnologias estudadas para o tratamento de águas cinza em diferentes locais do mundo (GONÇALVES, 2009).....37
Tabela 4: Eficiência dos métodos de tratamento de esgoto (FIORI, 2005). 38
Tabela 5: Vazão nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização. Fonte: NBR 5626:1998.....51
Tabela 6: Tarifas de água e esgoto por faixa de consumo. Fonte CESAN.....60
Tabela 7: Histórico de reajustes anuais de tarifas de água. Fonte CESAN.....61
Tabela 8: Histórico de reajuste tarifário para energia elétrica Fonte: EDP ESCELSA. 61
Tabela 9: Quantificação dos aparelhos hidrossanitários da edificação. 64
Tabela 10: Caracterização de ocupação da residência.....65
Tabela 11: Tempo médio de permanência dos frequentadores na residência. 66
Tabela 12: Média de utilização dos aparelhos hidrossanitários por frequentador. ...66
Tabela 13: Caracterização do consumo de energia elétrica por equipamento instalado.....85
Tabela 14: Investimento e custos relacionados à instalação do sistema.....86
Tabela 15: Resumo de economia propiciada pela utilização do sistema.....87
Tabela 16: Resumo de despesas para manutenção do sistema de tratamento. 88
Tabela 17: Fluxo de caixa anual (economia x despesas). 88

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14

1.1 OBJETIVO GERAL 17

1.1.1 Objetivos Específicos 17

2 ÁREA DE ESTUDO 19

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 21

3.1 A PROBLEMÁTICA DA ESCASSEZ DE ÁGUA 21

3.2 TÉCNICAS E MEDIDAS DE RACIONALIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA E SEUS IMPACTOS NO CONSUMO DE ENERGIA 24

3.3 VISÃO GERAL SOBRE SISTEMAS DE REUSO DE ÁGUAS CINZA 29

3.4 TECNOLOGIAS PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZA 36

3.4.1 Sistemas de *Wetlands* 40

3.5 VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS DE REUSO DE ÁGUA CINZA 44

3.5.1 Valor Presente Líquido (VPL) 45

3.5.2 Taxa Interna de Retorno (TIR) 46

3.5.3 *Payback* e *Payback* Descontado 47

4 MATERIAL E MÉTODOS 49

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO E DOS HÁBITOS PESSOAIS 49

4.1.1 Questionário – Parte 1 49

4.1.2 Questionário – Parte 2 49

4.2 CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA DA RESIDÊNCIA 50

4.2.1 Questionário 50

4.2.2 Aferição da CESAN 51

4.2.3 Vazão nominal do projeto 52

4.3 PROJETO DO SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS CINZA 53

4.4 AVALIAÇÃO DO CUSTO DE IMPLANTAÇÃO, DE MANUTENÇÃO E DE OPERAÇÃO DA ETAC 59

4.5 VIABILIDADE ECONÔMICA E TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO 59

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO **64**

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO, DA SUA OCUPAÇÃO E DOS HÁBITOS PESSOAIS DE CONSUMO 64

5.1.1 Caracterização da edificação e da sua ocupação 64

5.1.2 Caracterização dos hábitos pessoais 65

5.1.2.1 Morador 1 66

5.1.2.2 Morador 2 68

5.1.2.3 Empregado 1 70

5.1.2.4 Empregado 2 72

5.1.2.5 Empregado 3 74

5.1.3 Contribuição por frequentadores e por aparelhos hidrossanitários 76

5.2 CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA DA RESIDÊNCIA 77

5.3 DEMONSTRAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA 78

5.3.1 Cálculo das vazões 78

5.3.2 Pré-tratamento 79

5.3.3 *Wetland* de fluxo vertical 80

5.3.4 Cisterna 81

5.3.5 Desinfecção 82

5.3.6 Equipamentos elétricos 83

5.3.6.1 Bomba de recalque na entrada 83

5.3.6.2 Bomba de recalque para reservatório superior 83

5.4 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO, MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DO SISTEMA 84

5.5 VIABILIDADE ECONÔMICA E TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO 86

6 CONCLUSÃO **91**

7 RECOMENDAÇÕES **93**

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **94**

9 ANEXOS **100**

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a escassez de água afeta quase todos os continentes e mais de 40% dos habitantes do mundo, sendo que mais de um bilhão de pessoas vivem em região com escassez absoluta de água. Além disso, segundo as projeções da Organização de Nações Unidas (ONU), até 2025 dois terços da população mundial viverão em locais que sofrem com algum tipo de problema relacionado à água e 1,8 bilhões de pessoas estarão vivendo em países ou regiões com escassez absoluta de água (ONU, 2006; ONU, 2013).

O fenômeno da escassez de água afeta, principalmente, regiões áridas e semiáridas, e nesses locais a água se torna um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Entretanto, muitas regiões com recursos hídricos abundantes também apresentam escassez desse recurso, uma vez que, geralmente, não atendem às demandas excessivamente elevadas ou experimentam conflitos de usos que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida (HESPANHOL, 2002).

Os grandes centros urbanos do país, em geral, são as regiões do planeta onde se encontram os principais problemas de abastecimento de água potável. Apesar da expansão da rede de água para abastecimento urbano no Brasil, sabe-se que este ainda é insuficiente para a crescente população das grandes e médias cidades. Desse modo, uma parcela da população, especialmente nas periferias e bairros da classe baixa, fica à margem da rede de água tratada e são mais susceptíveis ao desenvolvimento de doenças (VESENTINI, 1999). Tais doenças são causadas pelo consumo de água não potável, pelo saneamento precário e por instalações de saneamento inadequadas, e correspondem, de acordo com a ONU (2006), a 80% das doenças em países em desenvolvimento.

Além das problemáticas de escassez e da má distribuição de água, também ressalta-se o seu desperdício. Sabe-se que a média das perdas de água reais e

aparentes nos sistemas públicos de abastecimento no Brasil é de aproximadamente 40% do volume total produzido (Programa de Modernização do Setor de Saneamento – PMSS, 2007). Também é considerável o volume de água perdido ao longo de todo o sistema de abastecimento, o que, invariavelmente, está associado à um significativo desperdício de energia necessária ao transporte da água (GONÇALVES, 2009).

A energia é necessária para mover a água através dos sistemas de água municipais, fazendo com que cada litro de água consumido também represente um consumo específico de energia. Sabendo que aproximadamente 3% do consumo nacional de eletricidade é destinado aos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, e que desse total mais de 90% da energia destina-se ao uso de motores e bombas, percebe-se que há relação direta entre o consumo de energia elétrica e as quantidades de água consumidas em uma cidade, por exemplo (GONÇALVES, 2009).

O consumo de água residencial pode constituir mais da metade do consumo total de água nas áreas urbanas. Exemplos disso são a região metropolitana de São Paulo, em que o consumo de água residencial corresponde a 84,4% do consumo total urbano (incluindo também o consumo em pequenas indústrias) (GONÇALVES *et al.,* 2010), e a cidade de Vitória (ES), em que a porcentagem é de aproximadamente 85% desse total (dados da Companhia Espírito Santense de Saneamento – CESAN – de 2002 e 2003) (RODRIGUES, 2005).

Diante do exposto, a racionalização do consumo de água potável em procedimentos em que seu uso é totalmente dispensável e a conservação de energia em sistemas de abastecimento públicos e em edificações são medidas fundamentais na atualidade para a sustentabilidade e vantagens econômicas (TUNDISI, 2008).

A implementação de projetos de engenharia que contemplem a conservação de água na escala residencial configura uma tendência atual, principalmente, no setor de construção civil habitacional, resultando em construções de edifícios sustentáveis, os quais possuem, por exemplo, sistemas hidrossanitários capazes de realizar o reuso de águas cinza (GONÇALVES *et al.,* 2010).

Dentre as técnicas utilizadas para a conservação de água, o reuso de água cinza no ambiente doméstico suscita grande interesse em todo o mundo, principalmente, no Japão, EUA e Austrália. No Arizona (EUA), por exemplo, a reutilização de águas cinza para a irrigação de jardins contribui significativamente para a redução do uso de água potável, tendo em vista que uma família média pode gerar cerca de 30.000 a 40.000 galões (aproximadamente de 113.000 a 151.000 litros) por ano de água de reuso (AL-JAYYOUSI, 2003). Já uma família típica da Austrália poderia alcançar a economia de água na ordem de 30 a 50% do seu uso de água, se toda a água cinza fosse reutilizada (JEPPESEN, 1996). Fato constatado por CHRISTOVA-BOAL *et al* (1996), tendo em vista que em família típica em Melbourne (Austrália), com consumo médio de 250 kl/a (250.000 litros por ano), o reuso de água cinza apenas no banheiro (descarga) e no jardim pode proporcionar uma economia 31% do consumo total de água, totalizando 77 kl/a (77.000 litros por ano).

No Brasil, também tem-se estudado e desenvolvido tecnologias de reuso de água cinza, sendo a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) uma das instituições precursoras nesse tema. Especificamente, destaca-se um estudo realizado sobre a eficiência de um sistema de reuso de águas cinza na conservação de água e energia em uma edificação residencial, desenvolvido pela universidade em parceria com o setor privado. A estação de tratamento de águas cinza (ETAC), foi composta por um Reator Anaeróbio Compartimentado em três tanques (RAC1, RAC2, RAC3), um Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS), um Decantador Secundário (DEC), um Tanque de Equalização de Vazão, dois Filtros Terciários de Membrana e um Clorador de Pastilha, ou seja, constituído por 06 módulos individuais que ocupam uma área total de 27 m² e atendem uma população de 240 pessoas/dia, de acordo com o uso dos lavatórios e chuveiros dentro do prédio (GONÇALVES, 2009).

Ressalta-se que o projeto realizado pela UFES é parte integrante do Prosab, um Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, que no âmbito da rede 05 possui duas vertentes: 1) estudar e propor sistemas para melhor aproveitamento de águas de chuvas e reuso, incluindo análises de usos finais de água em habitações; e 2) contribuições para melhorias em metodologias de gestão e monitoramento de sistemas de abastecimento coletivo de água. É importante destacar que as

pesquisas realizadas pelo Prosab obedecem ao princípio geral de que qualquer ação ou programa de conservação de água só é viável se, ao final de um balanço entre os custos e os benefícios, os resultados forem favoráveis (GONÇALVES, 2009).

Após o disposto acima, observa-se que, a redução do consumo de água nas residências unifamiliares por meio do reuso de águas cinza, minimiza a crise do abastecimento de água, preserva água potável para o atendimento de necessidades que exigem a sua potabilidade e constitui um passo importante para o processo de conscientização da população à sustentabilidade e à conservação dos recursos hídricos, além de garantir retorno financeiro para os seus usuários.

Logo, é nesse contexto que o presente trabalho está inserido, visando caracterizar o sistema de reuso de água (uso de água cinza) em uma residência unifamiliar de alto padrão, assim como a sua utilização, além de analisar a viabilidade econômica do projeto, a real economia de água e as suas vantagens.

1.1 Objetivo geral

O presente trabalho objetiva caracterizar o consumo de água em uma edificação residencial unifamiliar de alto padrão dotada de um sistema de reuso de águas cinza, avaliar a viabilidade econômica do projeto e estimar o tempo de retorno do investimento.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Caracterizar a edificação, a sua ocupação e os hábitos pessoais de consumo de água dos habitantes e empregados da residência;
- Caracterizar e quantificar o consumo de água da residência;
- Demonstrar o dimensionamento do sistema de reuso de águas cinza implantado na residência;

- Quantificar os custos de implantação, de manutenção e de operação da ETAC (Estação de Tratamento de Águas Cinza);
- Avaliar a viabilidade econômica e o tempo de retorno do investimento realizado.

CAPÍTULO II

2 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado em uma edificação unifamiliar, construída no Condomínio Boulevard Lagoa, uma área residencial de alto padrão localizada nas proximidades do bairro Feu Rosa em Serra/ES. O condomínio aparece destacado em amarelo na **Figura 1**.

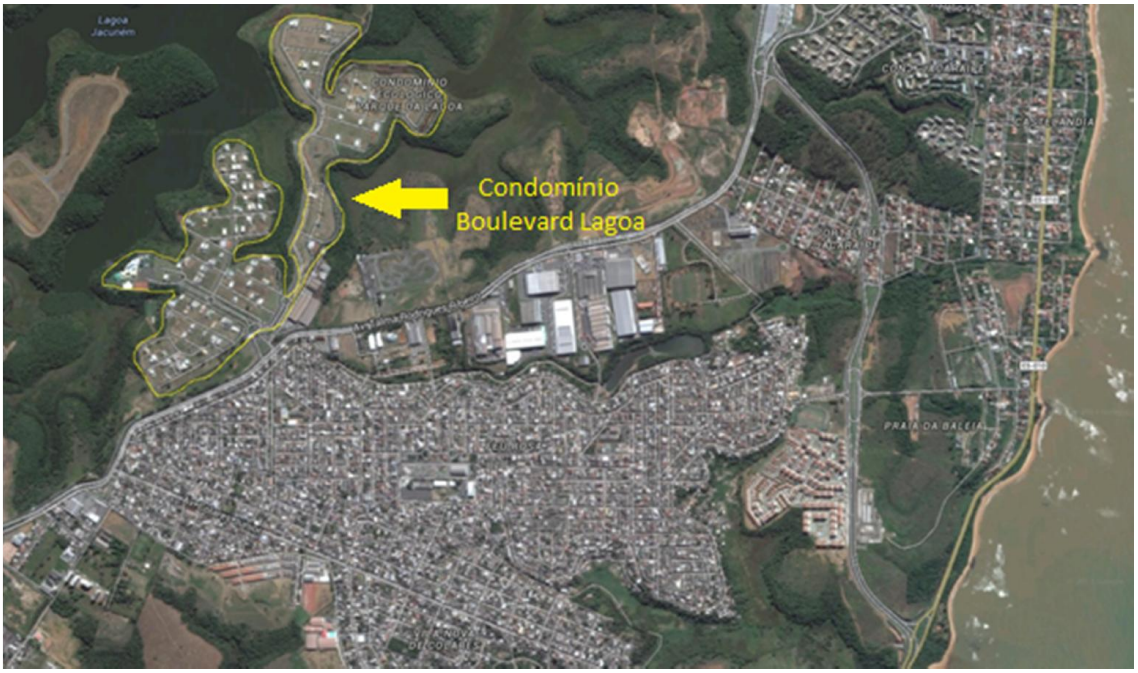


Figura 1: Imagem de satélite da localização do Condomínio. Adaptado de Google Maps.

A partir do projeto, verificou-se que a edificação em estudo possui dois pavimentos construídos, área de lazer e uma ampla área de jardim, onde foram instalados os constituintes do sistema de tratamento de águas cinza pela empresa fornecedora. A **Tabela 1** apresenta a composição da edificação.

Tabela 1: Composição da residência – quantidade de cômodos e área de ocupação.

Cômodo	Quantidade	Área total aproximada (m²)
Sala de Estar	02	72,1
Sala de Jantar	01	14,1
Cozinha	01	21,1
Suíte Principal	01	64,4
Suíte Comum	04	121,7
Banheiro (inclusas as suítes)	07	37,0
Área de Serviço	01	15,7
Área de Lazer	01	172,6
Área Permeável	01	202,1
TOTAL		**720,8**

CAPÍTULO III

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A problemática da escassez de água

De acordo com Rogers *et al.,* (2006), a crise de água do século XXI ocorre devido, principalmente, à ausência ou ineficiência do gerenciamento e gestão do que uma crise real de escassez e estresse. Desse modo, defendem que a crise da água é real se os *stakeholders* envolvidos no desenvolvimento e gestão da água ignorarem a influência da política, a qual abrange as seguintes questões: como os problemas são estruturados e a dependência dos resultados em relação à estruturação política do problema.

Entretanto, existe outra vertente, a qual acredita que tal crise é resultado de um conjunto de problemas ambientais agravados com outros problemas relacionados à economia e ao desenvolvimento social (GLEIK, 2000). De acordo com Tundisi *et al.* (2008), no amplo contexto social, econômico e ambiental do século XXI, as causas principais da "crise da água" são os seguintes problemas e processos:

- Intensa urbanização, aumentando a demanda pela água, ampliando a descarga de recursos hídricos contaminados e com grandes demandas de água para abastecimento e desenvolvimento econômico e social;
- Infraestrutura pobre e em estado crítico, em que muitas áreas urbanas possuem até 30% de perdas na rede após o tratamento de água;
- Estresse e escassez de água em muitas regiões do mundo em razão das alterações na disponibilidade e aumento da demanda;
- Estresse e escassez em razão de mudanças globais com eventos hidrológicos extremos, aumentando a vulnerabilidade da população humana e comprometendo a segurança alimentar (chuvas fortes e períodos intensos de seca);
- Falta de articulação e falta de ações consistentes na governabilidade de recursos hídricos e na sustentabilidade ambiental.

Os tópicos descritos acima acarretam em preocupações crescentes com o meio ambiente. Na era da globalização e dos avanços tecnológicos tornou-se mais evidente o que muitos já sabiam: as questões ambientais têm dimensão mundial, desse modo, os problemas ambientais atingem, mesmo que de forma diferenciada tanto países desenvolvidos quanto países em desenvolvimento (TUCCI *et al.,* 2000).

Segundo OPAS/CEPIS (2002), a escassez hídrica se caracteriza quando um país dispõe de menos de 1.000 m³/pessoa.ano de água. Contudo, se esta disponibilidade estiver entre 1.000 e 1.700 m³/pessoa.ano, estes valores indicam que há uma "tensão hídrica" e países como o Haiti e o Peru já sofrem esta tensão.

Sabe-se que aproximadamente 53% da vazão média disponível na América do Sul pertence ao Brasil, e isso, em relação à produção hídrica mundial, corresponde a 12%. Entretanto, a má distribuição hídrica e populacional brasileira contribui para a escassez deste recurso (TOMAZ, 2003).

Ao verificar a disponibilidade hídrica da população brasileira, observa-se que a maior vazão hídrica (68,5%) do país se concentra na região Norte, porém constitui a localidade com menor densidade populacional (6,8%). Ao contrário encontra-se a região Sudeste, onde a concentração populacional é maior (42,7%) e a disponibilidade hídrica é uma das menores do país (6,0%), seguida pela região Nordeste com 28,9% da população e 3,3% de disponibilidade hídrica (TOMAZ, 2003).

Na região Sudeste, pode-se citar como exemplo a Região Metropolitana de São Paulo, quarta maior concentração urbana do mundo, encontra-se na Bacia do Alto Tietê e tem disponibilidade hídrica insuficiente para atender toda a demanda da região dos municípios vizinhos, havendo a necessidade de captar água nas bacias vizinhas. Esta condição traz como consequência direta o aumento considerável de custo do fornecimento de água, além de evidentes problemas legais e político-institucionais associados (HESPANHOL, 1999; MELLO *et al*., 2007).

Entretanto, a escassez não é um fenômeno exclusivo das regiões Nordeste e Sudeste do Brasil. Problemas com a seca estão sendo constantes na região Sul do

país, principalmente no oeste, onde os regimes de chuvas sofrem alterações de acordo com as estações do ano e, muitas vezes, o clima é influenciado por fenômenos meteorológicos, o que acarreta prejuízos severos para a agricultura e o abastecimento, rural e urbano, forçando a população a racionalizar o uso da água (TOMAZ, 2003).

Após a abordagem descrita no presente tópico, observa-se que a temática sobre a água acarreta em modificações tanto em nível local quanto global estando relacionadas à qualidade de água e à sua quantidade. Em relação à qualidade, verifica-se que há o aumento da vulnerabilidade da população humana em razão de contaminação e dificuldade de acesso à água potável e tratada. Já quanto à quantidade de água, observa-se que em função da alteração das fontes de recursos hídricos, como por exemplo os mananciais, há a ocorrência da escassez e diminuição da sua disponibilidade. Em resposta à essas causas, há interferências na saúde humana e saúde pública, com deterioração da qualidade de vida e do desenvolvimento econômico e social. A **Figura 2** apresenta a água como o recurso hídrico central quanto à geração de energia, produção de alimentos, sustentabilidade da biodiversidade e às mudanças globais (TUNDISI, 2008).

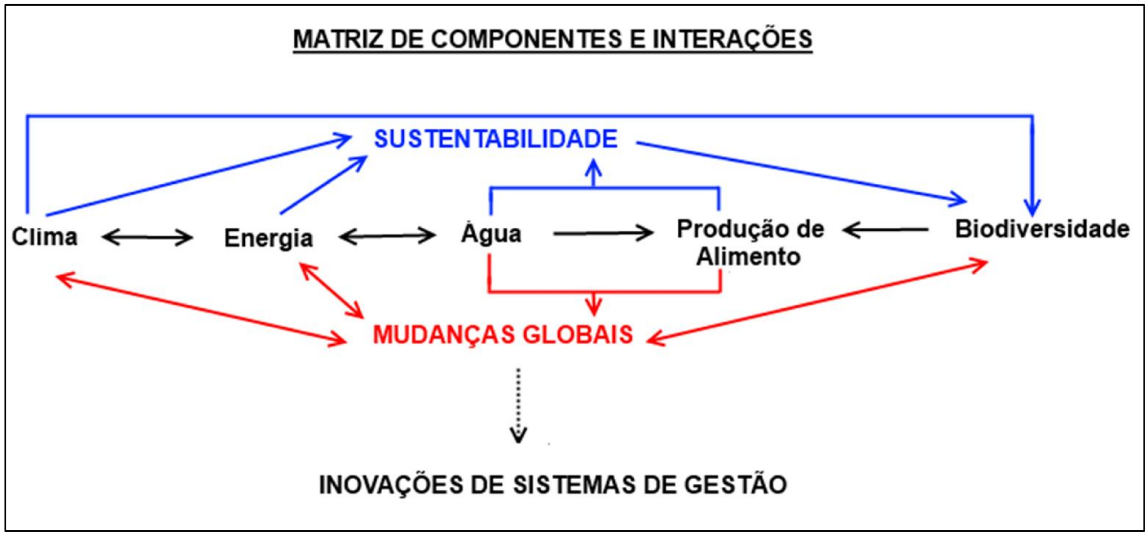


Figura 2: A água e a sua posição central em relação aos processos como biodiversidade, energia e clima. Modificado de TUNDISI (2008).

A necessidade de preservação e uso racional da água é notória e pertinente. Este uso racional compreende o controle de desperdícios e uma reeducação no consumo, gerando, consequentemente, uma redução na produção de efluentes. Esta reeducação também está associada ao uso de fontes alternativas, como a utilização de reuso de água cinza, gerados na própria residência para fins menos nobres, ou seja, aqueles nos quais não se requer água potável.

3.2 Técnicas e medidas de racionalização do uso da água e seus impactos no consumo de energia

As principais técnicas e medidas de racionalização da água incluem o uso de aparelhos economizadores de água, a adoção da medição individualizada, a conscientização do usuário para não desperdiçar água no ato do uso, a detecção e o controle de perdas de água em sistemas prediais, e a utilização de fontes alternativas de água (GONÇALVES, 2009).

Tais técnicas e medidas devem ser aplicadas em um sistema residencial, sendo possível defini-las em cinco categorias estratégicas de conservação de água em edificações, como:

1) Uso eficiente das águas, correspondendo, por exemplo, ao consumo de menor quantidade de água possível para determinado uso ou conjunto de usos, sendo considerada a qualidade das águas requeridas pelos usos em questão. Dois exemplos de uso eficiente das águas na conservação em edificações são:

- Redução do consumo de água em aparelhos sanitários mediante ao emprego de aparelhos sanitários economizadores em edificações a serem construídas ou a substituição dessas peças em edifícios existentes. Inclui também medidas simples e eficientes como a adaptação de arejadores na extremidade de torneiras, inserção de válvulas redutoras de pressão em tubulações, entre outras.
- Aplicação de metodologias, parâmetros e procedimentos de projeto adequados ao funcionamento de sistemas prediais de uso eficiente da água. Mesmo respeitando as exigências e recomendações da norma brasileira de

instalação predial de água fria (NBR 5626/1998), há espaço para projeto em condições favoráveis à conservação na forma do uso eficiente.

2) Aproveitamento de fontes alternativas de água que não a do sistema público ou privado de água potável, tais como o esgoto doméstico, as águas cinza, as águas da precipitação pluvial e de eventuais fontes naturais locais;

3) Adequação tecnológica, ou seja, a implantação de tecnologias que visam conservação de água e energia;

4) Gestão das águas nas edificações, garantindo, por exemplo, manutenções periódicas nos sistemas hidrossanitários, evitando desperdício de água devido aos vazamentos, por exemplo;

5) Desenvolvimento do comportamento conservacionista, diz respeito à cultura definidora de comportamento dos moradores, os quais definem os seus hábitos pessoais e refletem no uso de água e energia. Nesse último caso, sabe-se que em grande número de casos o estímulo de natureza financeira pode ser bastante efetivo para induzir à mudança de comportamento e proporcionar ganhos quanto à conservação de água e energia (GONÇALVES, 2009).

É sabido que os consumos de água e energia devem ser visualizados como dados interligados e não de forma separada, tendo em vista que a energia é necessária para tratar e mover a água através dos sistemas de água municipais, tornando a água potável e disponível para a população. Tal sinergia entre água e energia pode ser analisada a nível global, uma vez que entre 2 a 3% do consumo de energia do mundo são usados no tratamento e bombeamento de água para indústrias e residências urbanas. Além disso, sabe-se que, considerando apenas os sistemas de abastecimento de água, o consumo de energia elétrica é de cerca de 0,6 kWh.m³ (GONÇALVES, 2009).

Entretanto, não é apenas no tratamento e bombeamento de água que há consumo de energia. De acordo com o estudo realizado por Klein (2005) no estado da Califórnia, a cada etapa do ciclo urbano da água é atribuída determinada intensidade energética (**Tabela 2**), podendo variar conforme o tipo de etapa em execução e conforme alguns fatores determinantes, tais como, a origem da água, o volume de água transportado, a distância e a topografia do terreno.

Tabela 2: Variação da intensidade energética nas etapas do ciclo urbano da água (KLEIN, 2005).

Etapa do Ciclo Urbano da Água*	Intervalo de intensidade energética (kWh/m³)	
	Baixo	**Alto**
Captação e transporte de água	0	3,70
Tratamento de água	0,03	4,23
Distribuição de água	0,19	0,32
Recolha e tratamento de águas residuais	0,29	1,22
Descarga de águas residuais	0	0,11
Tratamento e distribuição de água reciclada	0,11	0,32

*Excluindo a etapa do uso final da água.

Ao analisar os dados da tabela, observa-se que a etapa que apresenta maior potencial para alcançar valor máximo de intensidade energética é o tratamento de água, com um valor de 4,23 KWh/m³. Segue-se com a captação e transporte de água como a etapa que apresenta o segundo maior valor de intensidade energética (3,70 KWh/m³). Logo, considerando apenas as três primeiras etapas do ciclo urbano da água (captação e transporte, tratamento, distribuição de água) verifica-se que a intensidade energética pode variar de 0,22 KWh/m³ a 8,25 KWh/m³, ou seja, de 22% a 83,3% da intensidade energética total do ciclo urbano da água. As demais etapas (recolha e tratamento, descarga, tratamento e distribuição de águas residuais) apresentam valores de intensidade energética que podem variar entre 0,4 KWh/m³ a 1,65 KWh/m³ (KLEIN, 2005).

Dessa forma, se existem perdas de água na forma de vazamentos, furtos, desperdícios do consumidor e distribuição ineficiente, tais fatores afetam diretamente a quantidade de energia necessária para fazer a água chegar ao consumidor. Essas perdas de água no sistema variam de 15 a 25% em países desenvolvidos, já em países em desenvolvimento essas perdas podem chegar entre 30 e 60%, indicando que a redução das perdas melhoraria a eficiência do sistema como um todo (GONÇALVES, 2009).

Uma forma simples e eficiente em realizar a redução do consumo água e proporcionar diretamente a economia de energia nos sistemas públicos de água e esgoto à nível residencial é a instalação de equipamentos economizadores de água, os quais geralmente não apresentam o consumo de energia. Segundo Lee e Tansel (2012), considerando-se todo o ciclo de vida de equipamentos economizadores, a substituição de equipamentos convencionais por economizadores traz benefícios energéticos e climáticos globais imediatos. Fidar, Memon e Butler (2010) também demonstram que a instalação de bacias sanitárias com volume de descarga de 4 litros e a instalação de chuveiros com vazão máxima de 9 L/min proporciona economia de energia e redução de gases do efeito estufa.

A utilização de fontes alternativas de água também surge como uma opção viável dentre as propostas de racionalização de água e energia, por evitar a utilização das fontes convencionais de suprimento (mananciais subterrâneos ou superficiais) e também por reduzir o consumo de energia elétrica. De acordo com a FIESP, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (2005), consideram-se fontes alternativas de água aquelas que não estão sob concessão de órgãos públicos ou que não sofrem cobrança pelo uso ou ainda que fornecem água com composição diferente da água potável fornecida pelas concessionárias. Logo, destacam-se a água pluvial, a água cinza, a água subterrânea e a água de drenagem de terrenos, como sendo as potenciais fontes alternativas de água.

Dentre as fontes alternativas de água citadas, a água cinza se destaca pela disponibilidade e baixa concentração de poluentes, diferentemente da água de chuva, por exemplo, cuja utilização está vinculada a um regime constante de chuvas que possa suprir a demanda de uso. A água cinza compreende todo o efluente doméstico sem a contribuição dos vasos sanitários, ou seja, o efluente proveniente da lavanderia, chuveiros, banheiras e lavatórios (GONÇALVES, 2006).

Proença *et al.* (2011) calcularam a redução do consumo de energia nos sistemas públicos de água e esgoto através do uso racional de água para as edificações da cidade de Florianópolis, Santa Catarina. No referido estudo, consideraram-se todas as tipologias de edificações: públicas, comerciais e residenciais, e estudaram-se as seguintes estratégias para promoção do uso racional de água: adoção de

equipamentos economizadores (bacia sanitária com acionamento duplo); e aproveitamento de água cinza para descarga de bacias sanitárias e mictórios, irrigação e limpeza de áreas externas. Por meio do aproveitamento de água cinza e da instalação de equipamentos economizadores, calculou-se redução do consumo de água potável e da produção de esgoto em escala urbana igual a 10,15 (40,2%) e 2,06 (17,7%) GLitros/ano, respectivamente. Quanto ao potencial de economia de energia, calculou-se uma economia de aproximadamente 4,4 GWh/ano, considerando a intensidade energética do sistema de água e esgoto de Florianópolis em 2006, 0,34 e 0,56 kWh/m³, respectivamente.

Ressalta-se que assim como o estudo apresentado anteriormente, outros projetos estão sendo aplicados no Brasil, visando, de maneira geral, aumentar e difundir o conhecimento sobre o reuso de água. Um importante exemplo nesse contexto é o PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico) gerido pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) que integra pesquisadores de diversas instituições, objetivando o desenvolvimento e aperfeiçoamento de tecnologias nas áreas de águas residuárias, águas de abastecimento, resíduos sólidos (lixo e biossólidos), manejo de águas pluviais urbanas, uso racional de água e energia, que sejam de fácil aplicabilidade, baixo custo de implantação, operação e manutenção, bem como visem à recuperação ambiental dos corpos d'água e à melhoria das condições de vida da população, especialmente as menos favorecidas e que mais necessitam de ações nessas áreas. Além disso, tal programa viabiliza a padronização de metodologias de análises, a constante difusão e circulação de informações entre as instituições, o estímulo ao desenvolvimento de parcerias e a maximização dos resultados (GONÇALVES, 2009).

Dentro do programa citado, existem diversas Redes de Pesquisas, sendo uma delas denominada de Rede Temática 05 voltada para a "Racionalização do uso de água e conservação de energia em sistemas de abastecimento públicos e em edificações, por meio de redução no consumo, reaproveitamento de fontes alternativas e outras formas de uso racional da água". Desse modo, para o desenvolvimento dos estudos relacionados ao tema citado é preciso inicialmente caracterizar e identificar potenciais para modificar o padrão de uso final da água, para posteriormente reduzir

os desperdícios ou introduzir equipamentos mais eficientes de uso final (GONÇALVES, 2009).

3.3 Visão geral sobre sistemas de reuso de águas cinza

As águas cinza são aquelas provenientes dos chuveiros, lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupa, sendo o seu reuso em edificações ou em residências unifamiliares perfeitamente possível, desde que seja projetado para este fim, respeitando as diretrizes a serem analisadas, ou seja, evitar que a água reutilizada se misture com a água tratada e não permitir o uso da água reutilizada para consumo direto, preparação de alimentos e higiene pessoal (FIORI *et al.,* 2006). Para tanto, a NBR 13969 (ABNT, 1997) estabelece que todo o sistema de reuso deve ser identificado de modo claro e inconfundível para evitar o uso inadequado e, também, a mistura com o sistema de água potável.

Tal norma também comenta no item 5.6.5 sobre outros aspectos quanto ao sistema de reservação e de distribuição que também devem ser observados:

- Todo o sistema de reservação deve ser dimensionado para atender pelo menos 2 horas de uso de água no pico da demanda diária, exceto para uso na irrigação da área agrícola ou pastoril;
- Todo o sistema de reservação e de distribuição do esgoto a ser reutilizado deve ser claramente identificado através de placas de advertência nos locais estratégicos e nas torneiras, além do emprego de cores nas tubulações e nos tanques de reservação distintas das tubulações de água potável;
- Quando houver usos múltiplos de reuso com qualidades distintas, deve-se optar pela reservação distinta das águas, com clara identificação das classes de qualidades nos reservatórios e nos sistemas de distribuição;
- No caso de reuso direto das águas de máquina de lavar roupas para uso na descarga das bacias sanitárias, deve-se prever a reservação do volume total da água de enxágue;

- O sistema de reservação para aplicação nas culturas cujas demandas pela água não são constantes durante o seu ciclo deve existir uma preservação ou área alternada destinada ao uso da água sobressalente na fase de menor demanda.

Destaca-se que pequenos erros de projeto, execução, operação e manutenção podem propiciar o refluxo de água contaminada para o sistema de água potável. Como exemplo, existe o estudo de Schee (2004), o qual apresentou os resultados de um projeto piloto em 3000 casas na cidade de Leidsche Rijn, Holanda, com o sistema de suprimento composto de duas redes: uma de água potável e outra de reuso. Entretanto, alguns erros de execução do sistema, principalmente, a utilização de conexões provisórias, possibilitaram a contaminação da água potável em aproximadamente 1000 casas. Este problema conduziu uma mudança da política do Ministério da Habitação da Holanda quanto à utilização de sistema de reuso em conjunto habitacional. Desse modo, até que a tecnologia seja confiável o projeto piloto deve ser restrito a uma única habitação.

A configuração básica de um sistema de utilização de água cinza é o sistema de coleta de água servida, o subsistema de condução da água, incluindo: ramais, tubos de queda e condutores, a unidade de tratamento da água, como por exemplo: gradeamento, decantação, filtro e desinfecção, e o reservatório de acumulação. Ressalta-se que pode ainda ser necessário um sistema de recalque, o reservatório superior e a rede de distribuição (SANTOS, 2002).

Conforme apresentado na **Figura 3**, a construção de sistemas de reuso de águas cinza de forma sustentável e eco eficiente depende de vários fatores como o tipo de tratamento, uso de legislação e normas técnicas, requisitos de qualidade, entre outros (SILVA *et al.,* 2010).

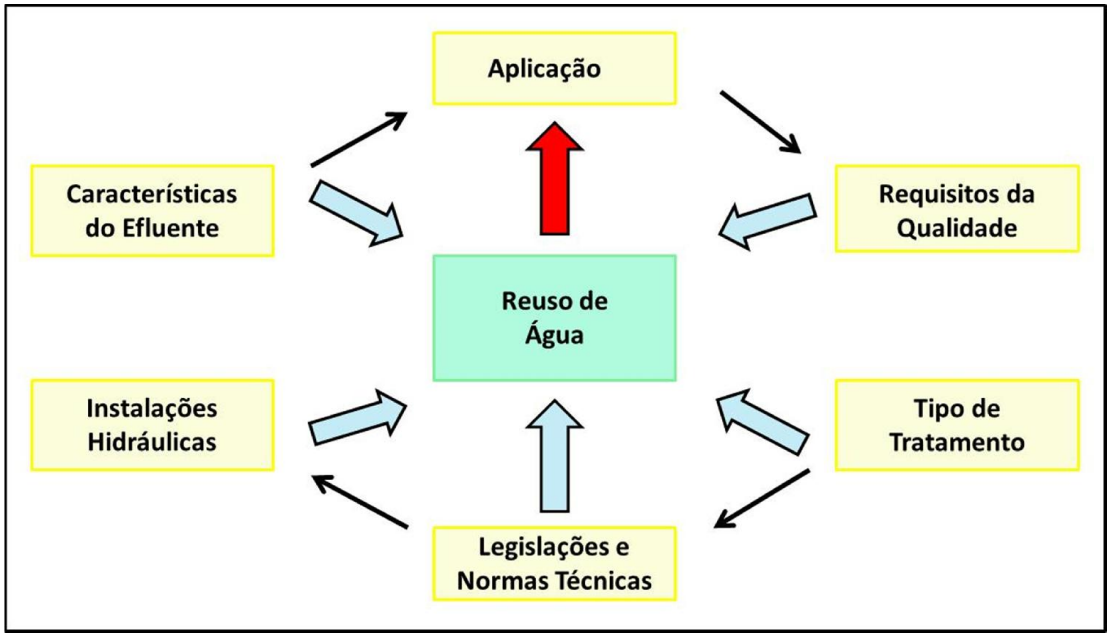


Figura 3: Fatores para implantação do reuso de água Fonte: Mendonça (2004).

Mesmo com todos os critérios na instalação, operação e manutenção deste sistema, o mesmo se tornou fundamental em edificações sustentáveis e na gestão de disponibilidade de recursos hídricos. Ao contrário de países como Japão, EUA, Canadá, Alemanha, Reino Unido e Israel, no Brasil os sistemas de reuso ainda são pouco difundidos. É quase nula a sua utilização em residências unifamiliares, existindo relatos de algumas residências que reutilizam os efluentes de chuveiros, banheiras, lavatórios e máquinas de lavar roupas para a irrigação de jardins e para a lavagem de pisos. Alguns problemas que impedem a prática do uso destes sistemas é a conscientização da sociedade e, em muitos casos, o elevado custo de implantação e de operação, o que torna mais distante das habitações populares (OLIVEIRA *et al.,* 2007; SILVA *et al.,* 2010).

De acordo com Gonçalves *et al*. (2005), os principais parâmetros que devem ser considerados em um projeto de sistema de reuso direto para águas cinza são:

- Estabelecimento dos pontos de coleta de águas cinza e dos pontos de reuso de águas cinza tratadas;
- Determinação das vazões disponíveis;

- Dimensionamento do sistema de coleta e transporte das águas cinza brutas;
- Determinação do volume de água a ser armazenado;
- Definição dos parâmetros de qualidade de água em função dos usos estabelecidos;
- Definição do sistema de tratamento de água, e;
- Dimensionamento do sistema de distribuição da água tratada aos pontos de consumo.

As escolhas dos pontos de coleta e dos pontos de reuso das águas cinza tratadas variam em função da qualidade da água cinza produzida e em função da configuração hidráulica da edificação (GONÇALVES *et al*., 2005).

Para o reuso de água em sistemas prediais, é necessário a aplicação das seguintes fases: sistemas de coleta de esgoto sanitário, sistema de tratamento, sistema de reservação e sistema de distribuição, os quais estão descritos a seguir (OLIVEIRA *et al.,* 2007).

Nesses sistemas, os ramais de coleta de esgoto formam dois segmentos independentes para que ocorra a divisão dos efluentes de águas cinza e águas negras (efluentes de bacias sanitárias, lava-louças e pias de cozinha, consideradas inadequadas ao reuso). Esta separação possibilita descartar o efluente de maior concentração de poluentes (águas negras) e aproveitar o reuso de efluentes que possuem menor carga poluidora (águas cinza), os quais permitem procedimentos/sistemas de tratamentos mais simples e possibilitam a redução dos custos no investimento para a implantação do sistema (OLIVEIRA *et al.,* 2007; SILVA *et al.,* 2010).

As águas cinza são conduzidas para um sistema de tratamento que promove a remoção da carga poluidora e a desinfecção. A determinação do sistema de tratamento a ser adotado depende do estudo das características dos efluentes e dos requisitos de qualidade da água para a aplicação desejada do reuso, sendo tal tema abordado de forma mais específica no item 3.4 do presente estudo. Lembrando sempre que o sistema tem que garantir padrões de qualidade que não provoquem

riscos ambientais ou à saúde dos usuários (OLIVEIRA *et al.,* 2007; SILVA *et al.,* 2010).

Após passar pelo sistema de tratamento mais adequado, a água de reuso é levada para um reservatório de armazenamento exclusivo, sendo a partir desse ponto distribuída para os pontos de utilização, seja por meio de sistema pressurizado ou aduzida para um reservatório superior e posterior distribuição por gravidade. As águas cinza são produzidas em pouco tempo enquanto o seu uso ocorre de maneira distribuída ao longo do dia, sendo assim, ocorre um débito de água durante a tarde e a madrugada. A prática de utilizar as águas de reservatórios de acumulação minimiza o problema desse déficit (OLIVEIRA *et al.,* 2007; SILVA *et al.,* 2010).

O sistema de distribuição é constituído de ramais e sub ramais (condutores horizontais e verticais) que encaminham a água de reuso até o seu ponto de utilização. A **Figura 4** ilustra um sistema esquemático de reuso de água em uma residência horizontal unifamiliar, sendo constituído por dois reservatórios: um superior (água tratada) e outro inferior (água de reuso), sendo tal água reutilizada na bacia sanitária e em uma torneira de jardim. Ressalta-se que em momento algum esse sistema pode gerar contato da água para reuso com o sistema de água potável (OLIVEIRA *et al.,* 2007; SILVA *et al.,* 2010).

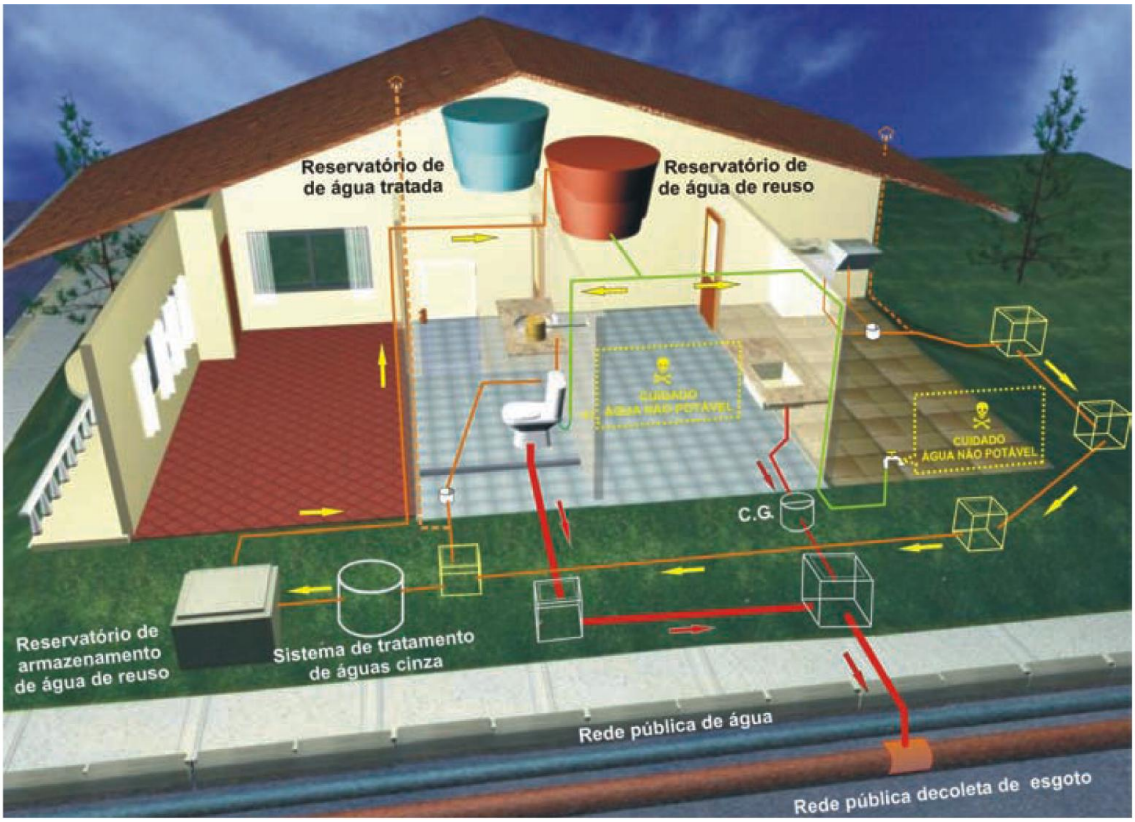


Figura 4: Esquema ilustrativo de um sistema de reuso de água. Fonte: Oliveira et al., (2007).

Tal sistema distribuidor de água para reuso deve ser bem caracterizado, conforme dito anteriormente, no projeto e no campo, para que se evitem ligações cruzadas e uso incorreto do abastecimento pretendido. Ligação cruzada significa qualquer ligação física através de peça ou outro arranjo que conecte duas tubulações das quais uma conduz água potável e outra água de qualidade não conhecida ou não potável. Desse modo, a implantação dessas redes deve obedecer a um conjunto de critérios e normas nacionais e internacionais (ABES *apud* SANTOS, 2003), tais como:

- Obediência às distâncias tabeladas entre as tubulações de água de reuso, água pluvial e esgotos sanitários, assim citadas na ordem usual de profundidades crescentes de assentamento;
- Nos Estados Unidos (na localidade de *Irvine Ranch*), como medida cautelar adicional adota-se material especial para as tubulações nos pontos de cruzamento vertical com o sistema distribuidor de água potável;

- Todas as válvulas de saída da rede de reuso são marcadas por cor diferente (como na Califórnia) ou por caixas de forma diferente (como na Flórida);
- Todas as tubulações da rede de reuso são diferenciadas por cor diferente ou por rótulos indicando Esgoto Tratado, fixados por fitas adesivas de vinil a cada dois metros ao longo da tubulação;
- Os hidrômetros do sistema são da marca diferente dos utilizados na rede de água potável e são guardados em almoxarifados distintos, juntamente com suas peças de reposição. Em São Petersburgo, os hidrômetros são marrons e trazem uma faixa amarela, bem diferente dos hidrômetros prateados de água potável;
- Os aspersores de irrigação com água não potável e os registros de parada ou de saída têm terminais de hastes com formato tal, que tornam propositalmente difícil sua manobra por pessoal não autorizado;
- O uso de mangueiras não é permitido, sendo especialmente dificultado pela ausência de engates adequados na rede para conexão de mangueiras;
- Os operadores do sistema de água de reuso são treinados e contam com manuais específicos para o desempenho de suas funções.

Em relação à economia de água potável devido à substituição pelo uso de água cinza em diversas atividade do dia-a-dia, é possível fazer uma simulação para cada usuário de uma residência e verificar o volume de água potável que poderia ser economizada com o uso de água cinza. Considerando que o chuveiro tenha uma vazão de 10,0 l/min, para uma determinada pressão estática, e que o mesmo seja acionado apenas uma vez por dia, durante 10 minutos, o volume consumido de água seria de 100 litros. Adicionalmente ao uso do chuveiro, considera-se também que o usuário utilize cinco vezes por dia o lavatório durante 30 segundos, cada utilização com vazão específica de 0,10 l/s, o volume consumido de água seria de 15 litros. Logo, o volume diário per capita no lavatório e no chuveiro é de 115 litros, sendo esse o volume potencial de água cinza. Ao considerar perda de aproximadamente 5% no sistema predial de água cinza, o volume disponibilizado para reuso seria em torno de 71 litros. Em contrapartida, a descarga da bacia sanitária consome em média de 10 a 12 litros de água potável a cada vez que é acionada e supondo que o usuário a utilize quatro vezes ao dia, o consumo é de 48 litros de água. Conclui-se

então, que se a água cinza puder ser reutilizada em lugar da água potável na descarga da bacia sanitária, já existiria a possibilidade de uma economia de 48 litros de água potável restando, ainda, 23 litros para outros fins não nobres (SANTOS, 2002).

Fiori (2005) realizou um estudo em Passo Fundo (região Norte do Estado do Rio Grande do Sul) e verificou *in loco* que um apartamento típico com chuveiro, lavatório, pia de cozinha, tanque e máquina de lavar roupas, gera um volume de 27,2 m³/mês de água cinza (considerando a perda de 5% no sistema predial de água cinza). Sabendo que a máquina de lavar roupa contribui com cerca de 20,6% dessa água e que o consumo da bacia sanitária deste apartamento é de 8%, conclui-se que a quantidade de água cinza gerada por todos os aparelhos é muito maior que a quantidade de água necessária para a descarga da bacia sanitária, justificando o seu reuso em termos quantitativo e comprovando não ser necessária a utilização de todo o volume gerado da água cinza para o reuso.

De acordo com um estudo desenvolvido por Gonçalves *et al.* (2010) em um edifício residencial em Vitória (ES), constatou-se que o consumo de água potável foi reduzido em 33% com a prática do reuso de águas cinza, sendo a economia média de água de 22% sobre o consumo total de água potável, o que pode ser aumentado de acordo com a verificação de novos usos para a água de reuso.

3.4 Tecnologias para tratamento de águas cinza

Na atualidade, existem no mercado diversos sistemas industrializados de tratamento de esgoto doméstico que facilitam a implantação de sistemas de reuso de água em edificações residenciais (OLIVEIRA *et al.,* 2007).

A escolha ideal do sistema de tratamento de águas cinza é balizada pela qualidade necessária da água de reuso, fato relacionado diretamente com os usos propostos, garantindo diversas características possíveis para as águas cinza (VON SPERLING, 1996). Exemplos de uso de águas cinza são listados a seguir (GONÇALVES, 2009):

- Irrigação de jardins, gramados e áreas verdes;

- Descarga de vaso sanitário;
- Limpeza de pisos e pátios;
- Lavagem de automóveis;
- Água de reserva para combate a incêndios;
- Processos industriais, entre outros.

De acordo com o objetivo de qualidade almejado e da escala de volume/vazão, o tratamento das águas cinza para efeito de reuso pode ser realizado por meio de processos físicos, químicos e biológicos associados (**Tabela 3**).

Tabela 3: Tecnologias estudadas para o tratamento de águas cinza em diferentes locais do mundo (GONÇALVES, 2009).

Autor/Local	Tecnologia	Escala Volume/Vazão
Surendran e Wheatley, 1998 Inglaterra	Biofiltro aerado + filtro lento	Moradia estudantil 40 pessoas
Nghiem *et al.*, 2006 Austrália	Ultrafiltração por membranas de fibra submersas	Piloto V=2,25 L
Lesjean *et al.*, 2006 Alemanha	Filtro plantado com macrófitas de fluxo vertical	10 apartamentos residenciais + 1 escritório comercial Q = 4,8 m³.dia
Goddard, 2006 Austrália	Reator com membrana + desinfecção UV	100 apartamentos residenciais
Morse *et al.,* 2007 Estados Unidos	Filtro anaeróbio + reator com membranas de fibra - aerado	Piloto V=1,6 L
Ghisi e Ferreira, 2007 Florianópolis/Brasil	Filtro plantado com macrófitas de fluxo horizontal	Prédio mutirresidencial
Gross *et al.,* 2007 Israel	Filtro biológico vertical com recheio de brita e material plástico – com recirculação de efluente	Piloto V=35 L
Lamine *et al.,* 2007 Tunísia	Reator sequencial em batelada	Piloto V=11L
Paulo *et al.*, 2007 Brasil	Filtro plantado com macrófitas de fluxo horizontal	Residência 2 pessoas
Merz *et al.,* 2007 Marrocos	Reator biológico com membranas	Piloto
Gilboa e Friedler, 2008 Israel	Biodisco + decantação	14 apartamentos residenciais
Gual *et al.,* 2008 Espanha	Pré-cloração + filtro de areia + pós cloração	Hotel Q = 26,7 m³.dia
Gross *et al.,* 2007 Israel	Filtro plantado com macrófitas de fluxo vertical - com recirculação de efluente	Piloto V = 1000 L
Pidou *et al.,* 2008 Inglaterra	Coagulação química (cloreto férrico e sulfato de alumínio)	Piloto
Peter, 2008 (UFSC) SC/Brasil	Filtro anaeróbio + filtro de areia	Residência 3 pessoas
Valentina, 2008 (Ufes) ES/Brasil	Reator anaeróbio compartimentado + biofiltro aerado submerso + cloração	Prédio mutirresidencial

Além do que foi citado, ressalta-se que cada tipo de tratamento apresenta uma porcentagem de eficiência. Esta eficiência é medida em função da redução da matéria orgânica – DBO_5, ou de sólidos em suspensão - SS, ou ainda, em menor proporção, de bactérias e coliformes, conforme dados da **Tabela 4** (FIORI, 2005).

Tabela 4: Eficiência dos métodos de tratamento de esgoto (FIORI, 2005).

Nº	Processos de Tratamento	Redução (%)		
		DBO	SS	Bactérias
1	Crivos finos	5-10	2-20	10-20
2	Cloração de esgoto bruto ou decantado	15-30	-	90-95
3	Decantadores	25-40	40-70	25-75
4	Floculadores	40-50	50-70	-
5	Tanques de precipitação química	50-85	70-90	40-80
6	Filtros biológicos de alta capacidade	65-90	65-92	70-90
7	Filtros biológicos de baixa capacidade	80-95	70-92	90-95
8	Lodos ativados de alta capacidade	50-75	80	70-90
9	Lodos ativados convencionais	75-95	85-95	90-98
10	Filtros intermitentes de areia	90-95	85-95	95-98
11	Cloração de efluentes depurados biologicamente	-	-	98-99

De maneira geral, os tratamentos físicos restringem-se à separação de partículas sólidas ou coloidais presentes nas águas cinza, não atingindo os compostos dissolvidos presentes em quantidades significativas. Entretanto, a associação em série de processos físicos tende a produzir melhores resultados de tratamentos, sendo os mais utilizados: filtração direta em leitos arenosos, filtração no solo e emprego de membranas filtrantes (GONÇALVES, 2009).

Já os processos químicos envolvem a utilização de coagulação – floculação com sais metálicos, eletrocoagulação, oxidação catalítica, troca iônica e adsorção em carvão ativado, sendo relativamente restritos ao tratamento de águas cinza. Os aspectos favoráveis à utilização de processos químicos referem-se à capacidade dos processos de tratamento e a flexibilidade operacional que caracteriza a maioria deles, e como aspectos desfavoráveis devem ser ressaltados a necessidade de aquisição de produtos químicos, a complexidade operacional e de manutenção para

se obter condições adequadas de funcionamento do sistema e, no caso da coagulação, a produção excessiva de lodo (GONÇALVES, 2009).

Além dos processos citados, destacam-se os processos biológicos, os quais visam, principalmente, a degradação de compostos carbonáceos, convertendo os carboidratos, óleos, graxas e proteínas a compostos mais simples. Esses processos podem ser anaeróbicos e aeróbicos, ou também podem prever uma associação em série de ambas as vias metabólicas. Nos sistemas anaeróbicos cerca de 70% a 90% do material orgânico biodegradável são convertidos em biogás, sendo que aproximadamente 5% a 15% da matéria orgânica é transformada em biomassa microbiana, constituindo-se no lodo excedente do sistema. Nos sistemas aeróbios, a degradação biológica é responsável pela conversão de 40% a 50% da matéria orgânica da água residuária em CO_2, enquanto que o restante é convertido em biomassa (lodo) (GONÇALVES, 2009).

A combinação entre os processos anaeróbicos e aeróbicos foi estudada por Gonçalves *et al.* (2010) em um edifício residencial em Vitória (ES), no qual identificou-se o aumento significativo na viabilidade do sistema de reuso, tendo em vista que a remoção de 50% da matéria orgânica de águas cinza sem a necessidade de aeração. Também observou-se a alta qualidade das águas de reuso produzidas pelo sistema de tratamento, com sólidos suspensos < 10 mg/L, turbidez < 5 NTU, DBO_5 < 5 mg O_2 e E. Coli < 1 NMP/100 ml.

Os processos biológicos, que variam dos avançados biorreatores de membrana aos sistemas simplificados com alagados construídos, ou *wetlands,* são considerados os mais apropriados para o tratamento de águas cinza devido à sua eficiência na remoção da matéria orgânica (FIORI, 2005). As exigências estéticas e organolépticas (odor) das águas para reuso predial fazem com que, em caso de opção pelo tratamento biológico, a etapa aeróbia seja obrigatória, por ser a única capaz de remover a turbidez de maneira consistente. Nos casos em que se prevê uma etapa de tratamento físico ou químico implementada preliminarmente, o emprego de um processo biológico aeróbio pode vir a ser uma solução eficiente de polimento para assegurar o desempenho do conjunto (GONÇALVES, 2009).

Finalmente, como processos de desinfecção podem ser utilizados a cloração, ozonização, aplicação de radiação ultravioleta, entre outros. Considerando-se o risco de contaminação, vários sistemas de desinfecção podem ser aplicados às águas cinza tratadas, sendo os mais comumente utilizados a desinfecção por luz ultravioleta e a cloração. As duas formas de desinfecção são eficientes e diferem-se entre si fundamentalmente em função dos custos de aplicação e formação de subprodutos orgânicos que podem ser prejudiciais à saúde humana. Em relação aos custos, a desinfecção ultravioleta é mais onerosa quando comparada à cloração, mas, no entanto, não existe a formação de subprodutos, o que ocorre na cloração, onde estes são formados pelo contato do cloro com a matéria orgânica que ainda é presente, mesmo nas águas cinza tratadas (GONÇALVES, 2009).

3.4.1 Sistemas de *Wetlands*

Destaca-se que os *wetlands* construídos são sistemas de tratamento de águas residuárias, incluídos na categoria de sistemas naturais que, segundo Metcalf e Eddy (1991) são divididos em dois tipos:

- Sistemas de aplicação no solo: infiltração lenta, infiltração rápida e escoamento superficial;
- Sistemas de tratamento aquático: *wetlands* (terras úmidas) construídos ou naturais e sistemas de plantas aquáticas.

Metcalf e Eddy (1991), portanto, não incluem os *wetlands* como componentes dos sistemas de disposição no solo e não consideram os sistemas de plantas flutuantes como um tipo de *wetland* construído. Outros autores, contudo, englobam os sistemas de plantas flutuantes como um dos tipos de *wetlands* construídos que são classificados como sistema de disposição no solo.

Os sistemas de *wetlands* podem ser usados isoladamente ou como complemento de outros tipos de tratamentos da água e de efluentes, uma vez que esses tipos de sistemas conseguem remover efetivamente nutrientes, outros poluentes e patógenos presentes na água (SHUTES, 2001). Dessa forma, tais sistemas possuem condições

para formar um tratamento bastante completo e eficiente (SILVESTRE; PEDRO-DE-JESUS, 2002).

De acordo com Ji e Mitchell (1995), tal sistema foi desenvolvido pelo homem, tentando imitar os processos ecológicos encontrados nos ecossistemas naturais (zonas úmidas, várzeas, brejos, banhados ou zonas alagadiças) e contribuindo com uma variedade de benefícios biológicos, sociais e econômicos. São também conhecidos como zonas de raízes (*root zone*), leito de raízes, (*reed beds*), terras úmidas artificiais, terras úmidas construídas, áreas alagadas construídas, leitos cultivados com macrófitas, fito-ETARs, fitolagunagem e solo-planta. Estes sistemas podem ser utilizados para tratamento de esgotos domésticos, águas lixiviantes, efluentes de variadas indústrias e da agropecuária, e águas contaminadas (DIAS *et al.,* 2000).

Destaca-se que tais sistemas têm sido usados há muito tempo para o tratamento (ou pós tratamento) de esgoto doméstico, apresentando alta eficiência na remoção de matéria orgânica, nutrientes, sólidos suspensos e até mesmo patógenos. No entanto, pouca literatura científica está disponível quando se trata da eficiência de alagados construídos com abordagem específica para águas cinza. Muitas dúvidas ainda existem a respeito desses sistemas aplicados a residências, como por exemplo: necessidade de um tanque de equalização, capacidade do sistema de acomodar altas cargas de sabão (por exemplo, a descarga de máquina de lavar), tempo de retenção hidráulica, influência de precipitação pluviométrica e proliferação de mosquitos, entre outros (GONÇALVES, 2009).

Nos *wetlands* construídos, entre os processos físicos atuam os mecanismos de filtração, de sedimentação, de adsorção por força de atração interparticular (força de *van der Waals*) e de volatilização da amônia. Nos processos químicos têm-se: a precipitação ou coprecipitação de compostos insolúveis; a adsorção no substrato ou em superfícies vegetais; a decomposição por processos de radiação UV para a eliminação de vírus e bactérias; e a oxidação e redução de metais. Nos processos biológicos têm-se: o metabolismo bacteriano - responsável pela remoção de sólidos coloidais e substâncias orgânicas solúveis por bactérias livres ou aderidas às plantas e ao solo ou meio suporte, a nitrificação e a desnitrificação; o metabolismo

vegetal – assimilação e metabolismo de substâncias orgânicas pelas plantas e excreção radicular de toxinas e compostos orgânicos; e a absorção radicular – assimilação de nutrientes (DIAS *et al.,* 2000).

É possível destacar nos *wetlands* os seguintes sistemas: fluxo superficial, subsuperficial, horizontal, vertical e híbridos ou mistos (horizontal e vertical). Os sistemas de fluxo superficial são utilizados para solos com baixa permeabilidade (solos argilosos) e terrenos com declividade reduzida em que o líquido percola sob a camada superficial do solo, desse modo, a quantidade de matéria orgânica e de sólidos suspensos removidos é muito elevada, devido à alta eficiência hidráulica (baixa velocidade de fluxo e alto tempo de residência) e boas condições de sedimentação (RAN *et al.,* 2004).

Os sistemas de fluxo subsuperficial têm a capacidade de remover elevadas concentrações de nitrogênio, fósforo e metais pesados devido aos vários processos que ocorrem no solo, incluindo adsorção e filtração. O carbono, nitrogênio e fósforo são reciclados dentro do sistema pela combinação de diferentes processos, onde, em alguns casos, o principal deles é a absorção pela planta (RAN *et al.,* 2004).

O fluxo horizontal é satisfatório para a remoção de sólidos suspensos e bactérias; remoção de DBO_5 até uma determinada capacidade de transferência de oxigênio e desnitrificação (COOPER, 1999). Já o fluxo vertical se caracteriza pela sua capacidade de completa nitrificação, sendo a mesma alcançada mantendo-se o reator em condições aeróbias por meio da intermitência na aplicação das cargas e pelo período de descanso. A alternância entre as fases de alimentação e descanso é fundamental no controle do crescimento da biomassa no material filtrante (meio suporte e raízes), uma vez que mantem o interior dos *wetlands* construídos em condições aeróbias, possibilitando a mineralização dos depósitos orgânicos resultantes dos Sólidos Suspensos Totais (SST), contidos no efluente retido na área superficial do meio suporte (BOUTIN; LIÉNARD, 2004; COOPER, 1999).

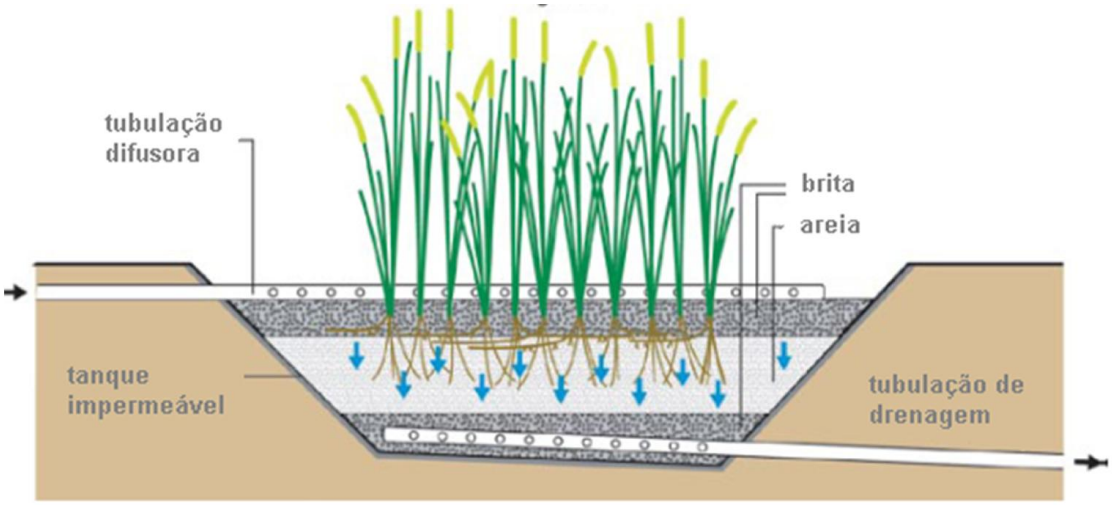


Figura 5: Wetland construído de fluxo vertical. Adaptado de Morel e Diener (2006).

Destaca-se que as áreas superficiais dos *wetlands* construídos com este tipo de fluxo são menores (1-2m²/hab) que aquelas requeridas pelos sistemas de fluxo horizontal (COOPER, 1999).

Além disso, a partir de referências mundiais é possível verificar que os sistemas *wetlands* construídos de fluxo vertical têm se mostrado eficientes para o tratamento de esgotos em países de climas tropical e temperado.

Winward *et al*., (2008) avaliaram sistemas de tratamento em escala piloto para aproveitamento de águas cinza construídos no campus da Universidade Cranfield, Reino Unido. No estudo, pesquisou-se a eficiência de um sistema de tratamento em telhado jardim, duas *wetlands* (uma de fluxo vertical e outra de fluxo horizontal) e dois reatores de membrana (um biológico e outro químico). Todos os sistemas avaliados no estudo possuíam no mínimo um equipamento elétrico para operá-los. Entre os sistemas avaliados, a *wetland* de fluxo vertical apresentou a menor intensidade energética (0,4 kWh/m³), sendo até duas vezes mais eficiente em relação aos outros sistemas.

A baixa intensidade energética de *wetlands* verticais é associado ao seu fluxo intermitente, demandando, assim, bombeamento inferior a 1 hora/dia no estudo de Winward *et al. (*2008). Entretanto, os autores apontam que o consumo de energia

em escala piloto é subestimado quando comparado ao consumo em escala real. Aliado à baixa intensidade energética, o sistema de *wetland* de fluxo vertical apresentou elevada remoção de matéria orgânica e coliformes, destacando-se dentre as tecnologias com melhor eficiência para o tratamento de água cinza.

Nos sistemas híbridos as vantagens dos fluxos horizontais e verticais podem ser combinadas para se complementarem e melhorar a eficiência do tratamento. Uma sequência apropriada desses sistemas possibilita a remoção de DBO_5, sólidos suspensos totais, alcançando a completa nitrificação, como também, remoção de substâncias, reduzindo as concentrações de nitrato (desnitrificação parcial) com consequente redução das concentrações do N total (COOPER *et al*., 1999).

3.5 Viabilidade econômica de sistemas de reuso de água cinza

A análise de viabilidade econômica tem por objetivo verificar se os benefícios gerados com investimento compensam os gastos realizados. Embora sistemas de reuso de água possam gerar economia financeira quanto ao consumo de água potável e geração de esgoto, os custos envolvidos para implantação, funcionamento e manutenção desses sistemas devem ser detalhados e avaliados de forma minuciosa a fim de verificar se a proposta é economicamente viável ou não (FRANCI, 2011). A racionalização de energia também deve ser observada nesses sistemas.

De acordo com Gonçalves (2006), a viabilidade financeira de um sistema de reuso pode ser avaliada a partir da comparação entre os custos de uma edificação sem sistema de reuso com a mesma edificação com o sistema de reuso em funcionamento, incluídos como custo operacional: mão de obra, gestão de subprodutos, manutenção de equipamentos, suprimentos de materiais e consumo de energia elétrica, contrapostos com a redução no consumo de água potável e com o custo de implantação do sistema.

Segundo Bruni e Famá (2007), investir consiste em fazer um desembolso presente buscando a construção de uma série de fluxos de caixa futuros. No processo de

avaliação de investimentos estão envolvidos uma etapa de projeção de fluxo de caixa, uma de cálculo do custo de capital e outra de aplicação de técnicas de avaliação.

Primeiramente, deve ser definido o investimento inicial, considerando todos os gastos envolvidos no investimento. De acordo com Sousa (2007), deverá ser mensurado o valor desembolsado no momento zero, gastos fixos, gastos diretos (tubulações, bombas, motores, acessórios, entre outros) e indiretos (consultoria, projeto de engenharia, fiscalização de obra, entre outros).

Realizadas as definições do investimento, para determinação da viabilidade econômica, devem-se analisar os fluxos de caixa, sendo pontuadas as entradas e saídas de recursos, e por fim, aplicar técnicas de avaliação de investimentos, baseadas em métodos fornecidos pela ciência econômica para se obter um posicionamento final (SOUSA, 2007).

3.5.1 Valor Presente Líquido (VPL)

Segundo Hirschfeld (2000), o método do Valor Presente Líquido objetiva determinar um valor no instante inicial, a partir de um fluxo de caixa formado de uma série de receitas e dispêndios. Dessa forma, correspondendo ao somatório algébrico de todos os valores envolvidos nos períodos determinados, reduzidos ao instante inicial e a uma taxa de juros comparativa, como apresentado na equação 1.

$$VPL = \sum_{0}^{n} \frac{F_n}{(1+i)^n} \tag{1}$$

Onde:

- VPL: valor presente líquido de um fluxo de caixa (R$);
- n: número de períodos envolvidos em cada elemento da série de receitas e dispêndios do fluxo de caixa;

- F_n: cada um dos diversos valores envolvidos no fluxo de caixa que ocorrem em *n* (R$);
- i: taxa de juros comparativa ou taxa mínima de atratividade (TMA), (%).

O critério de seleção de projetos de investimentos com base no método do VPL pode ser apresentado como:

- Se o VPL foi maior que zero, o projeto deve ser aceito;
- Se o VPL for igual a zero, torna-se indiferente a aceitação ou não do projeto;
- Se o VPL for menor que zero, o projeto não deve ser aceito.

Segundo Ywashima (2005), o VPL "[...] é o indicador mais rigoroso e isento de falhas técnicas, correspondendo à soma algébrica dos valores do fluxo de um projeto, atualizados à taxa ou às taxas adequadas de desconto.".

3.5.2 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Quando se pretende investir, seja em um empreendimento, seja em uma aplicação financeira, o mesmo é realizado pelo desejo de se receber, em devolução, uma quantia de dinheiro que, em relação à quantia investida, corresponda, no mínimo, à taxa de atratividade, também chamada de expectativa ou taxa de equivalência. Esse ganho em devolução, comparado à quantia investida, constitui uma parcela percentual chamada de taxa de retorno (HIRSCHFELD, 2000).

A TIR corresponde à taxa de juros que torna nulo o VPL. Logo, situação em que a soma algébrica de receitas e despesas seja igual a zero.

$$VPL = Benefícios - Custos = 0 \quad (2)$$

O critério de seleção de projetos de investimentos com base no método da TIR pode ser apresentado como:

- Se a TIR foi maior que a taxa mínima de atratividade, o projeto deve ser aceito;
- Se a TIR for igual a que a taxa mínima de atratividade, torna-se indiferente a aceitação ou não do projeto;
- Se a TIR for menor que a taxa mínima de atratividade, o projeto não deve ser aceito.

O método da TIR é, aparentemente, o indicador mais aconselhável para a análise de viabilidade econômica de alternativas de redução do consumo de água domiciliar para fins de higiene pessoal na ótica do consumidor (ANDRÉ E PELIN, 1998 apud YWASHIMA, 2005).

3.5.3 *Payback* e *Payback* Descontado

Segundo Hirschfeld (2000), o prazo de recuperação de investimento, também conhecido por prazo de retorno ou *Payback*, fornece o número de períodos do fluxo de caixa inerente ao cenário analisado, nos quais o somatório dos benefícios se iguala ao somatório dos custos, ou seja, intervalo de tempo necessário para que os benefícios advindos de um investimento possam cobrir seus custos, sendo utilizado em virtude de sua aparente objetividade.

$$VPL = \sum_{0}^{n} \frac{F_n}{(1+i)^{n'}} = 0 \qquad (3)$$

Em que:

- VPL: valor presente líquido de um fluxo de caixa (R$);
- n: número de períodos envolvidos em cada elemento da série de receitas e dispêndios do fluxo de caixa;
- n': número de períodos para que o VPL seja nulo;
- F_n: cada um dos diversos valores envolvidos no fluxo de caixa que ocorrem em *n* (R$);
- i: taxa mínima de atratividade (TMA), (%).

Apreciados os custos e benefícios no instante inicial, o prazo de retorno consistirá na determinação de n' quando VPL for nulo.

O *Payback* também é muito empregado por fornecer a ideia de liquidez e segurança de projetos, nesse caso, quanto menor o *Payback*, maior é a liquidez do projeto e, consequentemente, menor o risco envolvido (CONTADOR, 2000).

Segundo Ywashima (2005), o *Payback* serve como indicador secundário adicional, relacionado ao risco, para auxiliar no processo de decisão, ou seja, no desempate de alternativas indiferentes a outros critérios.

O *Payback* Descontado é uma análise elaborada, pois é levado em consideração o valor do dinheiro no tempo (ROSS *et al,* 2002).

CAPÍTULO IV

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da edificação e dos hábitos pessoais

Elaborou-se um questionário estruturado (**ANEXO I**) para a obtenção de dados qualitativos e quantitativos de consumo de água, sendo este aplicado junto aos residentes e empregados do domicílio, e dividido em duas partes. A primeira, de forma mais abrangente, abordou informações gerais da edificação e da sua ocupação, e a segunda, mais específica, aplicável a cada residente e empregado, caracterizando seus hábitos pessoais.

4.1.1 Questionário – Parte 1

Na primeira seção dos questionamentos, enfatizou-se a caracterização da edificação e da sua ocupação, englobando as seguintes perguntas:

- Número total de dormitórios;
- Número total de banheiros e bacias sanitárias;
- Tipos de bacias sanitárias e os volumes de descarga;
- Número total de banheiras (caso existam) e frequência de utilização;
- Números totais de chuveiros, lavatórios, pias e tanques;
- Número total de máquinas de lavar roupa, sua capacidade e frequência de utilização;
- Número total de moradores e sua classificação etária;
- Número total de empregados temporários (funcionários com regime de trabalho de 8 horas diárias) e sua frequência de trabalho.

4.1.2 Questionário – Parte 2

Nos questionamentos aplicados na segunda seção, objetivou-se caracterizar os hábitos pessoais de cada residente e empregado, obtendo informações de frequência e método de utilização de aparelhos sanitários. Dessa forma, foram realizadas as seguintes perguntas:

- Frequência de utilização de descarga sanitária;
- Frequência e duração dos diversos usos de lavatórios (higiene bucal, lavagem de mãos, lavagem de rosto, corte de barba, entre outros);
- Frequência e duração de utilização do chuveiro para banhos e limpeza do banheiro.

4.2 Caracterização e quantificação do consumo de água da residência

Para a quantificação do consumo total de água na residência, utilizou-se informações obtidas a partir de três métodos: do questionário, do volume de água consumido em 03 (três) meses, aferido pela CESAN, e pela vazão nominal assumida para o projeto.

4.2.1 Questionário

A partir dos valores de consumo de água estimados pelo questionário e utilizando-se como referência a vazão dos aparelhos sanitários de acordo com a Norma NBR 5626:1998 – Instalação predial de água fria, normatizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, calculou-se as vazões consumidas por cada frequentador, assim como as vazões por aparelho sanitário.

De forma resumida, a **Tabela 5** apresenta os principais aparelhos sanitários e suas respectivas vazões.

Tabela 5: Vazão nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização. Fonte: NBR 5626:1998.

Vazão nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização - NBR 5626: 1998			
Aparelho sanitário		**Peça de utilização**	**Vazão de projeto (l/s)**
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15
		Válvula de descarga	1,70
Banheira		Misturador (água fria)	0,30
Bebedouro		Registro de pressão	0,10
Bidê		Misturador (água fria)	0,10
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,30[1]
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15
Mictório cerâmico	Com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50
	Sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25
		Torneira elétrica	0,10
Tanque		Torneira	0,25
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20

4.2.2 Aferição da CESAN

A função da CESAN consiste na captação, tratamento e distribuição de água, e na coleta e tratamento de esgotos, possuindo uma taxa de cobrança aplicada por unidade de inscrição e baseada no tipo de empreendimento, local de instalação, volumes de água consumido e volumes de esgoto gerado.

A quantificação do volume de água consumido é realizada por medidores do tipo hidrômetro (**Figura 6**). A leitura no hidrômetro é realizada por meio do seu visor, onde pode ser visualizado o consumo em metros cúbicos, litros e décimos de litros, por visores digitais e analógicos. O consumo de água então é definido pela expressão 4:

[1] Tendo em vista que a partir do questionário não foi possível determinar o tempo de um ciclo de lavagem de roupas para a utilização da vazão fornecida pela ABNT, considerou-se o consumo de aproximadamente 89 litros de água por ciclo, sendo este valor advindo de especificações técnicas de máquinas de lavar roupa com características similares à utilizada na residência em questão.

$$C = L_{atual} - L_{anterior} \quad (4)$$

Onde:

C: representa o consumo de água no período;

L_{atual}: representa a leitura atual realizada;

$L_{anterior}$: representa a leitura anterior.

Figura 6: Detalhes de um hidrômetro. Fonte: Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Antonina – PR.

Para o presente estudo, foi disponibilizado pelo proprietário da residência apenas os volumes de água consumidos em o período de 03 (três) meses (novembro e dezembro de 2013 e janeiro de 2014), a partir da leitura do hidrômetro realizada pela CESAN.

4.2.3 Vazão nominal do projeto

A vazão nominal do projeto foi determinada a partir da estimativa da quantidade de ocupantes da residência, médias de consumo *per capita* de acordo com a literatura, aplicação de taxas de retorno para produção de efluentes e coeficiente de produção de água cinza. Desse modo, para o presente estudo de caso, foi informada a vazão nominal de 0,6 m³/dia (600 litros/dia) pela empresa fornecedora do sistema de tratamento instalado na residência.

4.3 Projeto do sistema de reuso de águas cinza

Para tratamento e posterior utilização da água cinza gerada pelos usuários da residência, a empresa responsável implantou um sistema de tratamento de águas cinza (ETAC) constituído de pré-tratamento, tratamento aeróbio e desinfecção, conforme se pode observar no fluxograma (**Figura 7**).

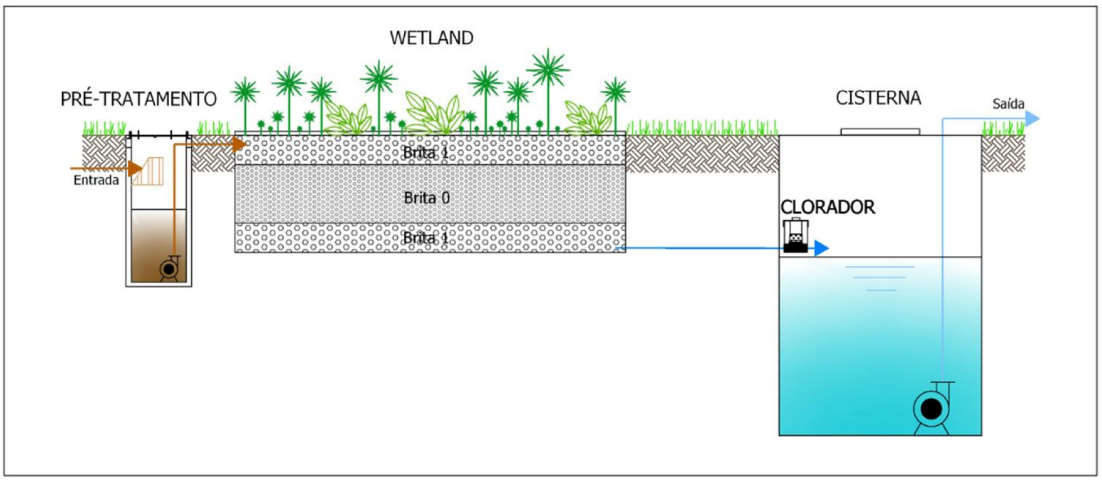


Figura 7: Fluxograma do sistema de tratamento. Fonte: Fluir Engenharia Ambiental.

Como pré-tratamento, adotou-se uma caixa com peneira (**Figura 8** e **Figura 9**), sendo esta responsável pela retenção de sólidos grosseiros. O princípio de retenção é puramente físico, no qual os sólidos presentes no esgoto ficam retidos ao encontrarem as malhas da peneira. O objetivo do peneiramento é proteger os equipamentos eletromecânicos do desgaste provocado pelo choque com estes materiais, bem como evitar que sobrenadantes alcancem a superfície líquida do reator. Os sólidos removidos no peneiramento incluem todos os materiais orgânicos

e inorgânicos com dimensões superiores ao espaço entre as malhas (1 mm). O material orgânico varia em função das características do sistema de esgotamento e da época do ano.

Figura 8: Pré-tratamento (caixa de retenção com peneira).

Figura 9: Pré-tratamento instalado no interior do reservatório.

Para o sistema apresentado, optou-se pelo *wetland* de fluxo vertical. Assumiu-se tal tipo de fluxo devido a sua maior eficiência na remoção de compostos nitrogenados, DBO_5 e DQO, além de requerer uma área superficial menor se comparada aos *wetlands* com outros tipos de fluxo.

Ressalta-se que os *wetlands* com fluxo vertical não trabalham com vazões contínuas, sendo necessário o armazenamento de determinado volume de efluente em reservatório para seu posterior bombeamento e entrada no sistema de tratamento aeróbio (*wetland*), garantindo que a vazão de entrada não seja contínua, operando como uma espécie de batelada. Desse modo, justifica-se a necessidade de inclusão do sistema pressurizador logo após o pré-tratamento (**Figura 10** e **Figura 11**), mesmo com o aumento no consumo energético do sistema de tratamento implantado.

Figura 10: Detalhe da bomba para recalque do efluente.

Figura 11: Localização da bomba em relação ao peneiramento.

No fluxo vertical as camadas do meio filtrante são dispostas em lâminas horizontais, de forma que o fluxo atravesse cada uma delas na direção vertical. Neste estudo, integrou-se no interior do dispositivo o total de três camadas, sendo a camada superficial composta por brita número 1 e com 20 cm de espessura (**Figura 12**), a camada seguinte composta por brita número 0 e com 40 cm de espessura, e por fim, a camada inferior preenchida novamente com brita número 1 e com 15 cm de espessura.

Além do meio filtrante, os *wetlands* são constituídos por plantas aquáticas (macrófitas), as quais plantadas na camada superficial auxiliam no processo de tratamento dos efluentes (**Figura 13**).

Figura 12: Camada superficial do *wetland*, composta por brita nº 1.

Figura 13: *Wetland* após a plantação das macrófitas.

As macrófitas aquáticas utilizadas nos sistemas *wetlands* construídos podem ser de dois tipos: emergentes ou flutuantes Para a escolha da macrófita, observou-se os seguintes critérios: fácil propagação e crescimento rápido; alta capacidade de absorção de poluentes; tolerância a ambiente eutrofizado; fácil colheita, manejo e valor econômico. Além disso, como neste caso o sistema é aparente, compondo o paisagismo da residência, também considerou-se o aspecto visual. Dentre as opções de mercado, optou-se pela macrófita emergente de nome comercial mini-papiro, cujo nome científico é *Cyperus papyrus*.

O mini-papiro se adapta muito bem a locais ensolarados e úmidos, formando touceiras que, geralmente, chegam a 60 cm de altura (**Figura 14** e **Figura 15**). Esta espécie é bastante utilizada para a ornamentação e composição visual, justificando assim sua escolha para ser utilizada no sistema implantado na residência.

Figura 14: Touceiras de mini-papiros.

Figura 15: Detalhe da parte ornamental do mini-papiro.

As touceiras de mini-papiro foram espaçadas em 40 cm entre si de modo a distribuí-las de forma homogenia na camada superficial do *wetland* (**Figura 16** e **Figura 17**).

Figura 16: Detalhe no espaçamento entre as touceiras.

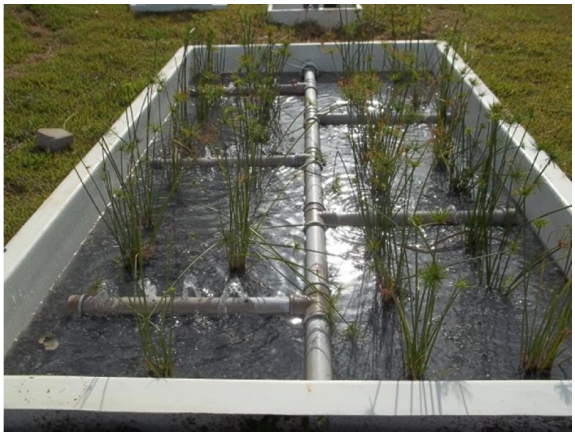


Figura 17: Visão geral do espaçamento entre as touceiras.

A etapa seguinte ao tratamento aeróbio, constitui-se de uma cisterna que abastece as caixas d'água superiores com o auxílio de um sistema de pressurização (**Figura 18** e **Figura 19**). Além da função citada, tal cisterna também funciona como tanque de contato para garantia do tempo de detenção suficiente para a realização da desinfecção.

Figura 18: Face superior do tanque de contato/cisterna.

Figura 19: Interior do tanque de contato/cisterna.

Para a desinfecção, o efluente passará por um processo de cloração com clorador de pastilhas (**Figura 20** e **Figura 21**), um dispositivo instalado na linha de passagem do efluente de simples operação e manutenção, e que não requer consumo de energia elétrica, utilizando a energia hidráulica do sistema. A aplicação de cloro é feita de forma gradativa na medida em que a pastilha à base de hipoclorito de sódio se dissolve com a passagem do líquido a ser tratado. O tempo de contato entre o líquido e o agente desinfetante é, em média, de 30 minutos, garantido na cisterna. A vantagem de se utilizar o cloro como agente desinfetante é que o mesmo proporciona uma concentração residual, garantindo a desinfecção em caso de recontaminação no sistema de distribuição.

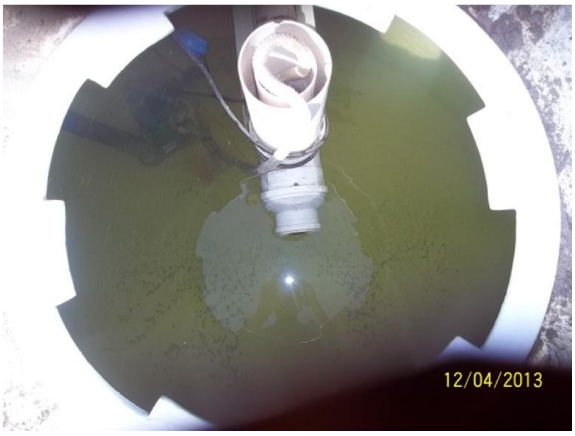


Figura 20: Posicionamento do clorador no interior do tanque.

Figura 21: Detalhe do clorador.

Após o tratamento completo do efluente, a água tratada está disponível para reutilização em descargas sanitárias, lavagem de pisos e lavagem de automóveis, por exemplo. A distribuição é realizada por tubulações distintas às tubulações de água potável, impedindo que ocorra algum tipo de contato e possível contaminação entre os diferentes padrões de água. Estas tubulações fazem parte do projeto hidráulico da residência, e já devem ser consideradas na fase de projeto do empreendimento.

4.4 Avaliação do custo de implantação, de manutenção e de operação da ETAC

Foi realizada uma pesquisa junto à empresa fornecedora do sistema para obtenção das informações a seguir:

- Composição da estação;
- Custo de fabricação, instalação, e pré-operação;
- Custo de operação e manutenção;
- Consumo energético de equipamentos elétricos;
- Eficiência da estação;
- Custo total de investimento.

4.5 Viabilidade econômica e tempo de retorno do investimento

Para realizar o estudo de viabilidade econômica, utilizou-se métodos para análise de viabilidade de projetos baseados nos seguintes parâmetros: o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *Payback* Descontado.

Considerou-se para o estudo, um horizonte de projeto de 10 anos e adotou-se a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) igual a 9,39% a.a., baseando-se na taxa de juros CDI (Certificado de Depósito Interfinanceiro), utilizada como referencial para avaliação da rentabilidade das aplicações em fundos de investimento. Sabendo-se que o tempo de retorno de um investimento desse porte é superior a um período

anual, no cálculo do VPL considerou-se os reajustes anuais de tarifas de água, esgoto, energia e inflação.

As tarifas cobradas pela Companhia Espírito Santense de Saneamento são distribuídas por faixas de consumo, tanto para água quanto para esgoto (coleta, afastamento e tratamento) (**Tabela 6**).

Tabela 6: Tarifas de água e esgoto por faixa de consumo. Fonte CESAN.

Municípios: região Metropolitana da Grande Vitória, Piúma (água) e Anchieta												
Categorias	**Tarifas de Água por Faixa de Consumo (R$/m³)**						**Tarifa de Esgoto por Faixa de Consumo Coleta, afastamento e tratamento**					
	0-10 m³	**11-15 m³**	**16-20 m³**	**21-30 m³**	**31-50 m³**	**> 50 m³**	**0-10 m³**	**11-15 m³**	**16-20 m³**	**21-30 m³**	**31-50 m³**	**> 50 m³**
Tarifa Social	0,92	1,08	3,70	5,08	5,43	5,66	0,61	0,71	2,44	3,35	3,58	3,74
Residencial	2,31	2,70	4,62	5,08	5,43	5,66	1,82	2,13	3,65	4,01	4,29	4,47
Comercial e Serviços	3,67	4,15	5,76	6,06	6,24	6,42	2,94	3,32	4,61	4,85	4,99	5,14
Industrial	5,88	6,06	6,59	6,64	6,82	6,94	4,70	4,85	5,27	5,31	5,46	5,55
Pública	3,84	4,34	5,57	5,76	5,84	5,91	3,07	3,47	4,46	4,61	4,67	4,73

O consumo médio mensal de água da residência em estudo é de 42,0 m³, sendo portanto cobrada uma tarifa de água e esgoto de 5,43 R$/m³ e 4,29 R$/m³ respectivamente.

A taxa de aumento anual da tarifa de água foi estimada com base nos reajustes ocorridos nos últimos quatro anos e estão apresentados na **Tabela 7**.

Tabela 7: Histórico de reajustes anuais de tarifas de água. Fonte CESAN.

Período	Reajuste (%)
Agosto/2010	5,03
Agosto/2011	6,20
Agosto/2012	6,39
Agosto/2013	6,05

Visto o histórico do reajuste das tarifas de água, adotou-se 6,00% a.a. como reajuste anual para utilização nos cálculos dos métodos de avaliação.

Já para energia elétrica, os reajustes apresentam maiores variações anuais, conforme pode ser observado a seguir (**Tabela 8**).

Tabela 8: Histórico de reajuste tarifário para energia elétrica Fonte: EDP ESCELSA.

Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Efeito Médio Consumidor (%)	9,96	0,88	2,97	11,33	-22,11	22,7

Apesar da significativa variação nos reajustes, para o presente estudo, adotou-se a taxa de variação anual da energia elétrica como sendo 5,00% ao ano.

Após as adoções necessárias, utilizou-se a equação 5 para o cálculo do VPL:

$$VPL = -I + \sum_{n=1}^{10} \left(\frac{ben \cdot (1+i_A)^n - custo_{energia} \cdot (1+i_E)^n - custo_{manutenção} \cdot (1+i_I)^n - custo_{limpeza} \cdot (1+i_I)^n}{(1+i)^n} \right) \quad (5)$$

Onde:

- VPL: valor presente líquido (R$);
- I: valor do investimento (R$);
- ben: benefícios econômicos associados ao reuso (R$);
- $custo_{energia}$: custos com energia envolvidos no sistema (R$);
- $custo_{limpeza}$: custos de limpeza com auxílio de caminhão suga-fossa (R$);
- $custo_{manutenção}$: custos com manutenção envolvidos no sistema (R$);
- i_A: taxa de aumento anual da tarifa de água e esgoto, igual a 6% a.a.;

- i_E: taxa de aumento da tarifa de energia, igual a 5% a.a.;
- i_I: taxa inflação, igual a 5% a.a.;
- i: taxa mínima de atratividade, igual a 9,39% a.a.
- n: número de períodos envolvidos em cada elemento da série de receitas e dispêndios do fluxo de caixa.

Para o cálculo da TIR, utilizou-se a equação 6 apresentada abaixo:

$$VPL = -I + \sum_{n=1}^{10} \left(\frac{ben \cdot (1+i_A)^n - custo_{energia} \cdot (1+i_E)^n - custo_{manutenção} \cdot (1+i_I)^n - custo_{limpeza} \cdot (1+i_I)^n}{(1+i')^n} \right) = 0 \quad (6)$$

Na qual:

- VPL: valor presente líquido (R$);
- I: valor do investimento (R$);
- ben: benefícios econômicos associados ao reuso (R$);
- $custo_{energia}$: custos com energia envolvidos no sistema (R$);
- $custo_{limpeza}$: custos de limpeza com auxílio de caminhão suga-fossa (R$);
- $custo_{manutenção}$: custos com manutenção envolvidos no sistema (R$);
- i_A: taxa de aumento anual da tarifa de água e esgoto, igual a 6% a.a.;
- i_E: taxa de aumento da tarifa de energia, igual a 5% a.a.;
- i_I: taxa inflação, igual a 5% a.a.;
- i': taxa mínima de atratividade para que o VPL seja nulo (%).
- n: número de períodos para que o VPL seja nulo.

Por fim, para o cálculo do *Payback* Descontado, utilizou-se a equação 7:

$$VPL = -I + \sum_{n=1}^{n'} \left(\frac{ben \cdot (1+i_A)^n - custo_{energia} \cdot (1+i_E)^n - custo_{manutenção} \cdot (1+i_I)^n - custo_{limpeza} \cdot (1+i_I)^n}{(1+i)^n} \right) = 0 \quad (7)$$

Em que:

- VPL: valor presente líquido (R$);
- I: valor do investimento (R$);
- ben: benefícios econômicos associados ao reuso (R$);

- $custo_{energia}$: custos com energia envolvidos no sistema (R$);
- $custo_{limpeza}$: custos de limpeza com auxílio de caminhão suga-fossa (R$);
- $custo_{manutenção}$: custos com manutenção envolvidos no sistema (R$);
- i_A: taxa de aumento anual da tarifa de água e esgoto, igual a 6% a.a.;
- i_E: taxa de aumento da tarifa de energia, igual a 5% a.a.;
- i_I: taxa inflação, igual a 5% a.a.;
- i: taxa mínima de atratividade 9,39% a.a.
- n: número de períodos envolvidos em cada elemento da série de receitas e dispêndios do fluxo de caixa;
- n': número de períodos para que o VPL seja nulo.

CAPÍTULO V

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização da edificação, da sua ocupação e dos hábitos pessoais de consumo

O questionário com as informações disponibilizadas pelos moradores e empregados da residência pode ser visualizado no **ANEXO II.**

5.1.1 Caracterização da edificação e da sua ocupação

Por meio da aplicação do questionário, obteve-se a quantificação de equipamentos hidrossanitários instalados (**Tabela 9**), considerando todos os ambientes da residência.

Tabela 9: Quantificação dos aparelhos hidrossanitários da edificação.

Número Total de Equipamentos Hidrossanitários						
Pia (Lavabo)	**Bacia Sanitária**	**Chuveiro**	**Pia de Cozinha**	**Máquina de Lavar Roupa**	**Tanque**	**Torneira Externa**
08	07	07	03	01	02	03

Também informou-se que no domicílio frequentam diariamente o total de 05 (cinco) pessoas, das quais 02 (dois) são moradores fixos e 03 (três) são contratados para realizarem os serviços domésticos. A caracterização dos ocupantes é apresentada na **Tabela 10**.

Tabela 10: Caracterização de ocupação da residência.

	Atribuição	Gênero	Faixa etária (anos)
Morador 1	Marido	Masculino	30 a 35
Morador 2	Esposa	Feminino	30 a 35
Empregado 1	Faxineira	Feminino	40 a 45
Empregado 2	Cozinheira	Feminino	45 a 50
Empregado 3	Zelador	Masculino	40 a 45

A distribuição percentual da ocupação da residência entre homens e mulheres está expressa na **Figura 22**.

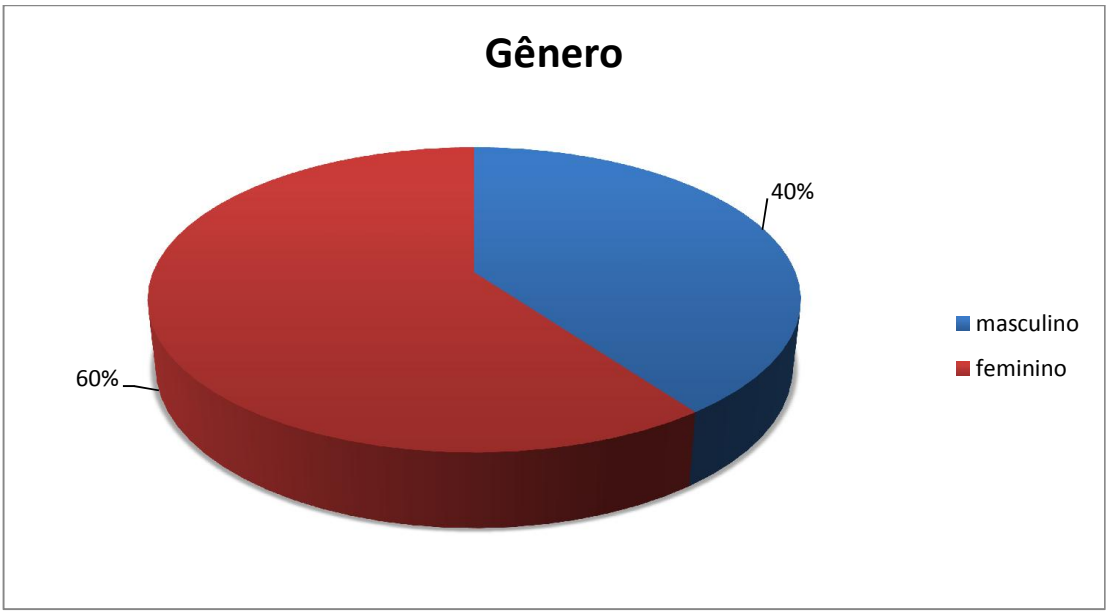


Figura 22: Distribuição da ocupação residencial por gênero.

5.1.2 Caracterização dos hábitos pessoais

Em relação à caracterização dos hábitos de consumo pessoais dos entrevistados, a primeira informação obtida foi o tempo de residência de cada frequentador na edificação em estudo por dia (**Tabela 11**).

Tabela 11: Tempo médio de permanência dos frequentadores na residência.

	Tempo médio de permanência na residência (horas)		
	Segunda a sexta	**Sábado**	**Domingo**
Morador 1	13	24	24
Morador 2	13	24	24
Empregado 1	9	7	0
Empregado 2	9	0	0
Empregado 3	9	0	0

Os moradores 1 e 2 trabalham em local externo, permanecendo em casa apenas no início da manhã, horário de almoço e à noite, totalizando 13 horas/dia durante os dias de semana. Nos fins de semana, geralmente, eles permanecem no local de moradia 24 horas/dia. Os empregados possuem mesma jornada de trabalho durante a semana, totalizando 9 horas por dia, entretanto, apenas o empregado 1 comparece aos sábados, permanecendo 7 horas na residência.

Durante o tempo de permanência de cada frequentador na residência os aparelhos sanitários são utilizados conforme a **Tabela 12**.

Tabela 12: Média de utilização dos aparelhos hidrossanitários por frequentador.

	Média de utilização por aparelho							
			Lavatório (min/dia)					
	Bacia Sanitária (vezes/dia)	**Chuveiro (min/dia)**	**Escovação de dentes**	**Lavagem de mãos**	**Lavagem de rosto**	**Barba**	**Ducha higiênica (min/dia)**	**Máquina de lavar roupa (vezes/ semana)**
Morador 1	4	23	5	1	1	1	0	0
Morador 2	5	52	6	3	2	0	0	0
Empregado 1	4	7	2	2	0	0	1	0
Empregado 2	4	4	1	2	0	0	0	2
Empregado 3	4	4	1	2	0	0	0	0

5.1.2.1 Morador 1

O gráfico que expressa o consumo de água do morador 1 distribuído por aparelho sanitário é apresentado na **Figura 23**.

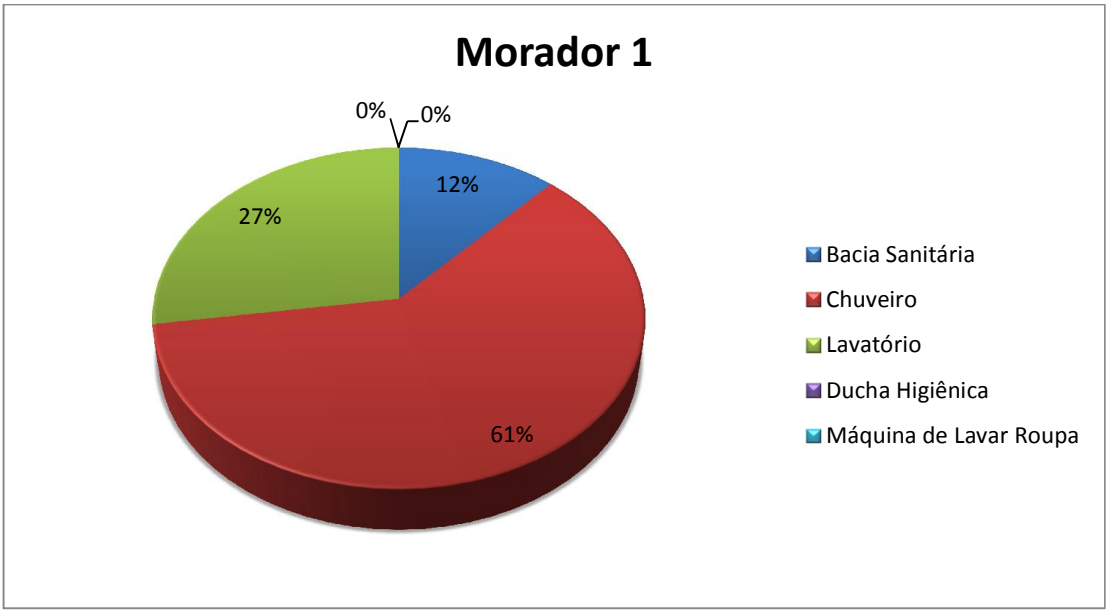


Figura 23: Consumo de água do morador 1 em cada aparelho hidrossanitário.

De acordo com gráfico, observa-se que o maior consumo de água deste morador está atrelado ao uso do chuveiro elétrico (61%). A utilização do lavatório também contribui consideravelmente, com 27%, e a bacia sanitária corresponde a 12% do consumo total. Não é registrada a utilização da ducha higiênica e da máquina de lavar roupa pelo morador 1.

A **Figura 24** apresenta em termos quantitativos a contribuição média diária deste morador por aparelho.

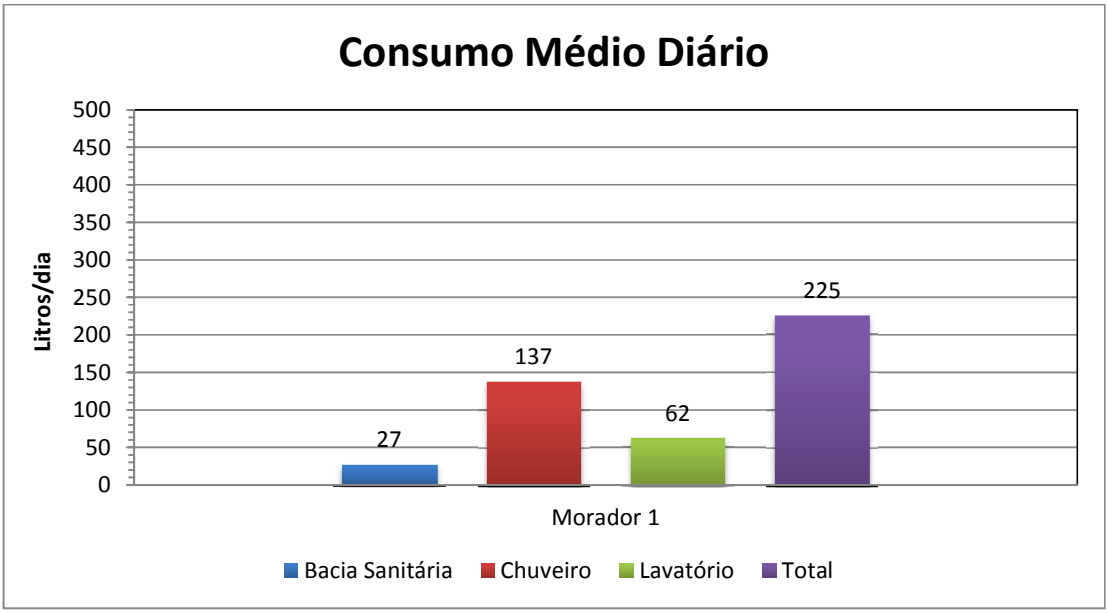


Figura 24: Contribuição quantitativa dos aparelhos no consumo de água do morador 1.

Observa-se que o consumo médio diário de utilização da bacia sanitária corresponde ao total de 27 litros/dia de água, enquanto que o chuveiro tem contribuição de 137 litros/dia e o lavatório consome a vazão de 62 litros/dia de água. O total de água consumido pelo morador 1 é de 225 litros/dia.

5.1.2.2 Morador 2

Para o morador 2, o consumo de água por aparelho sanitário é distribuído conforme a **Figura 25**. De forma semelhante ao morador 1, o maior consumo de água está relacionado à utilização do chuveiro elétrico, colaborando com 70 %, seguido pelo uso do lavatório com 23%, e pela bacia sanitária com 7%. A ducha higiênica e máquina de lavar mais uma vez não registraram contribuição no consumo para o morador 2.

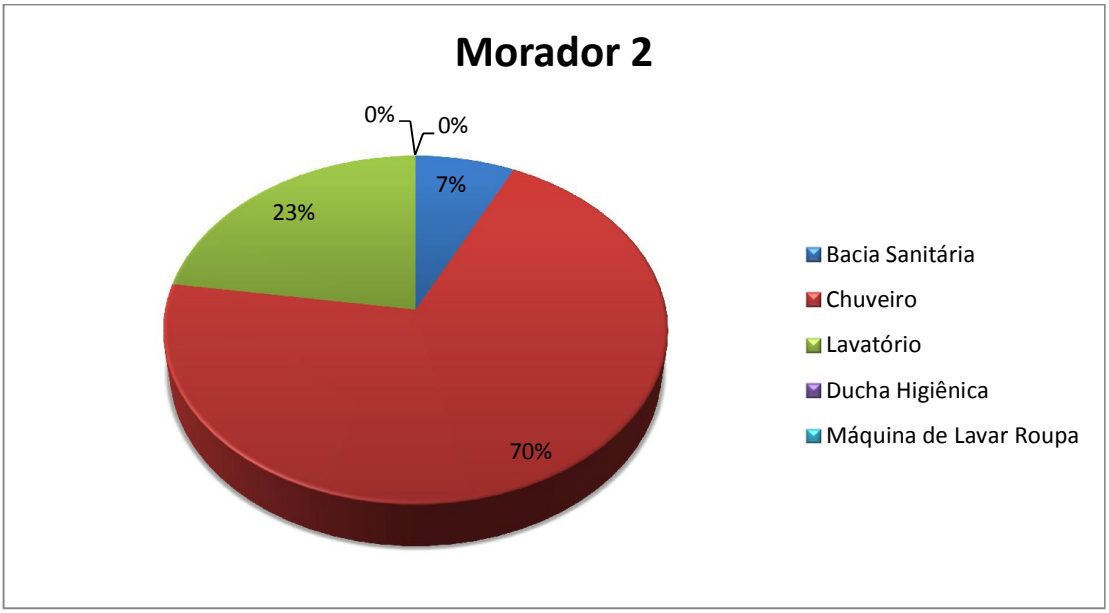


Figura 25: Consumo de água do morador 2 em cada aparelho hidrossanitário.

A **Figura 26** apresenta os valores quantitativos diários do consumo de água promovido por este morador. Desse modo, é possível afirmar que o consumo médio diário de utilização do chuveiro corresponde à vazão de 313 litros/dia. O lavatório, apesar de contribuir com a vazão de aproximadamente três vezes menos do que o chuveiro, também possui consumo diário considerável (101 litros/dia). Por fim, a bacia sanitária contribui com 32 litros/dia de água consumidos. Ao somar o consumo médio de água do morador 2 ao utilizar os aparelhos sanitários, totaliza-se diariamente 445 litros.

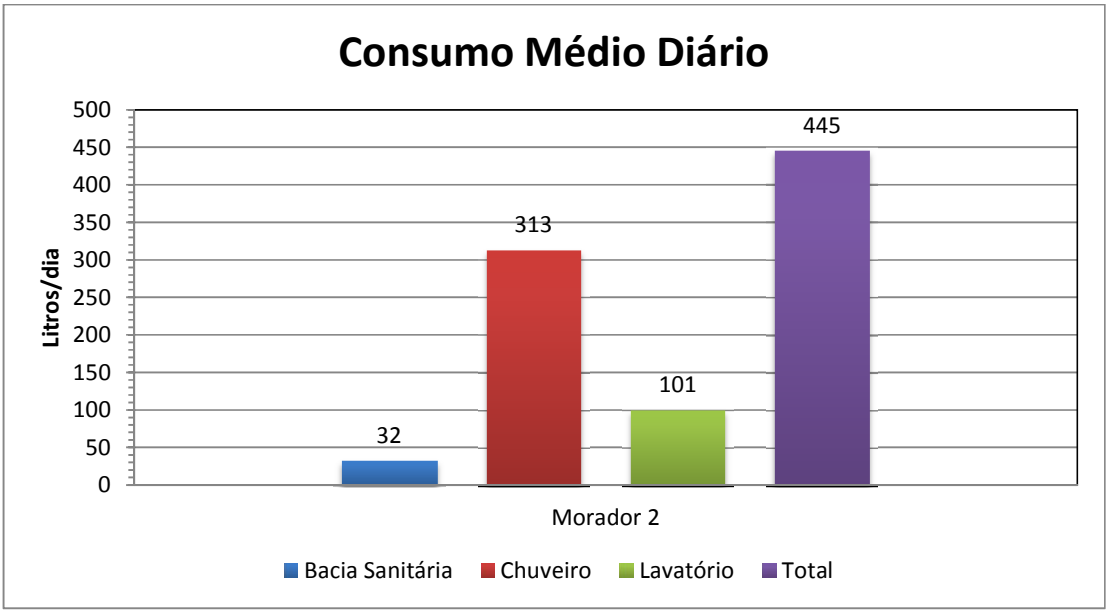


Figura 26: Contribuição quantitativa dos aparelhos no consumo de água do morador 2.

5.1.2.3 Empregado 1

O empregado 1 é uma faxineira que realiza as atividades de limpeza dos cômodos residenciais. Conforme apresentado na **Tabela 11**, o tempo de permanência desse funcionário na residência é de 52 horas semanais, sendo 9 horas de segunda à sexta e 7 horas no sábado.

De acordo com a **Figura 27,** é possível verificar que os hábitos deste empregado consistem no consumo de água para higiene pessoal e para o trabalho diário. Em relação à higiene pessoal a utilização do chuveiro, do lavatório e da bacia sanitária correspondem 38%, 33% e 24%, respectivamente, do consumo total. O trabalho diário relaciona-se diretamente com a utilização da ducha higiênica para a lavagem dos banheiros, com contribuição de 5% do consumo total de água.

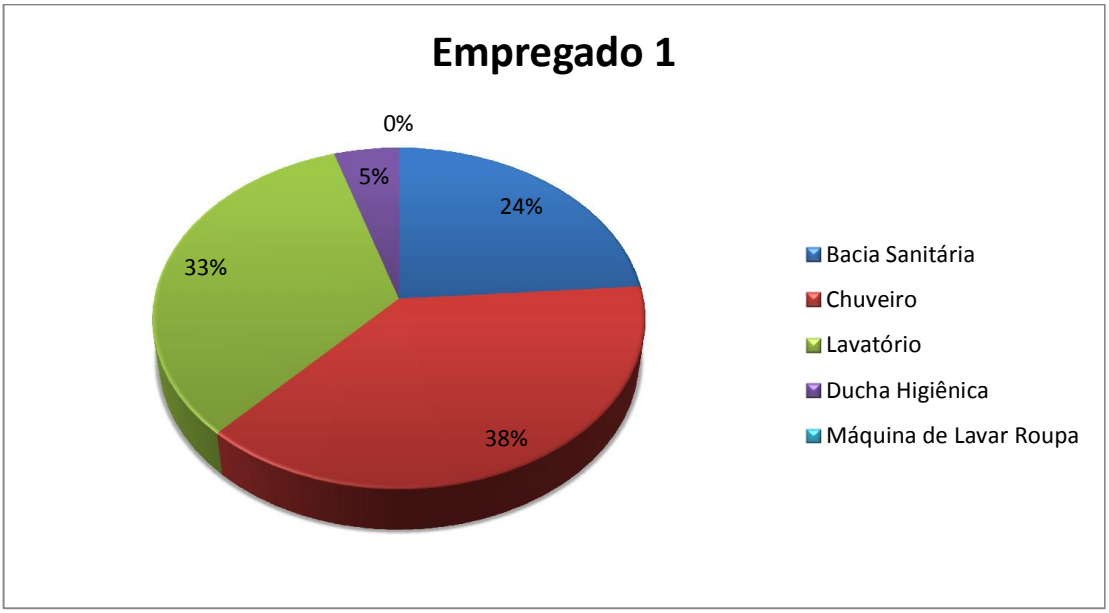


Figura 27: Consumo de água do empregado 1 em cada aparelho hidrossanitário.

A partir da **Figura 28,** é possível verificar que o consumo médio diário de utilização do chuveiro corresponde à vazão de 41 litros/dia. Tal consumo é relativo a um banho diário desse funcionário com duração de aproximadamente 07 minutos. Em seguida, observa-se o consumo médio de utilização do lavatório e da bacia sanitária em 36 e 26 litros/dia, respectivamente. A menor contribuição deste empregado é com o uso da ducha higiênica, sendo este igual a 5 litros/dia de água. No total, o consumo médio deste empregado é de 108 litros/dia.

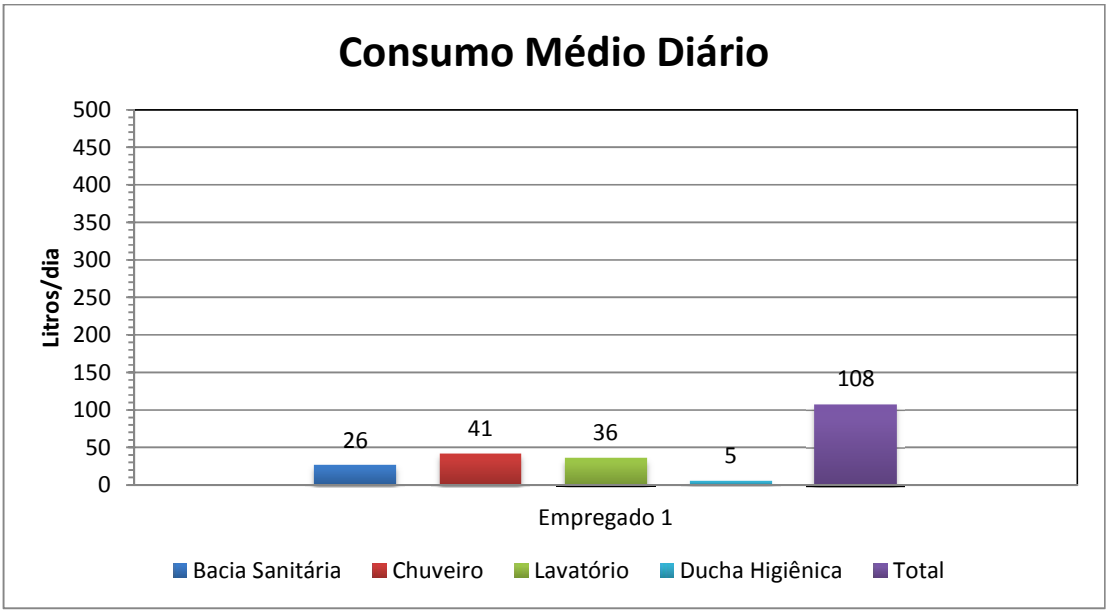


Figura 28: Contribuição quantitativa dos aparelhos no consumo de água do empregado 1.

5.1.2.4 Empregado 2

O empregado 2 realiza o preparo de refeições diárias, assim como a lavagem e passagem de roupas, trabalhando 45 horas semanais de segunda à sexta. Ressalta-se que para tal empregado não foram considerados os consumos relativos à pia de cozinha, uma vez que este consumo não interfere na produção e na demanda para o reuso de águas cinza. Entretanto, o consumo da máquina de lavar roupa foi atribuído em sua totalidade para o mesmo.

A **Figura 29** representa o consumo de água do empregado 2 em cada aparelho hidrossanitário.

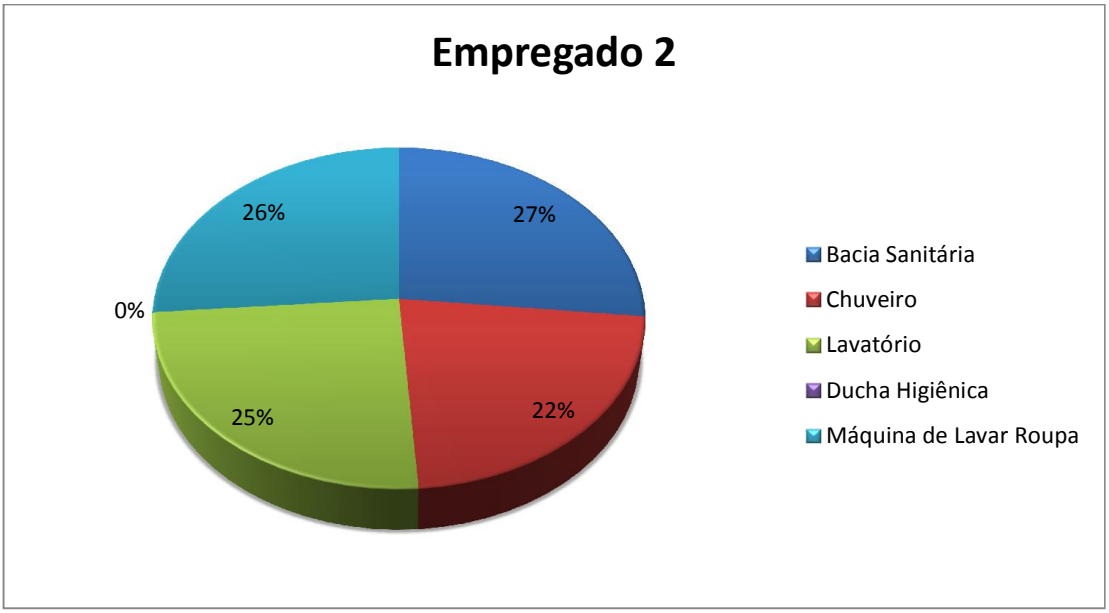


Figura 29: Consumo de água do empregado 2 em cada aparelho hidrossanitário.

Pela primeira vez neste estudo, a utilização das bacias sanitárias aparece como principal colaborador representando 27% do total de água consumida. A máquina de lavar representa o segundo maior consumo de água com 26%, seguida pelo lavatório (25%) e pelo chuveiro (22%), sendo verificado distribuição relativamente equitativa no consumo de água entre os aparelhos hidrossanitários. Para a ducha higiênica não foi registrado consumo de água.

Os valores de consumo médio diário (**Figura 30**) indicam 26 litros/dia para a bacia sanitária, 25 litros/dia para a máquina de lavar roupas, 24 litros/dia para o lavatório e 21 litros/dia para o chuveiro, totalizando 96 litros de água consumidos por dia pelo empregado 2.

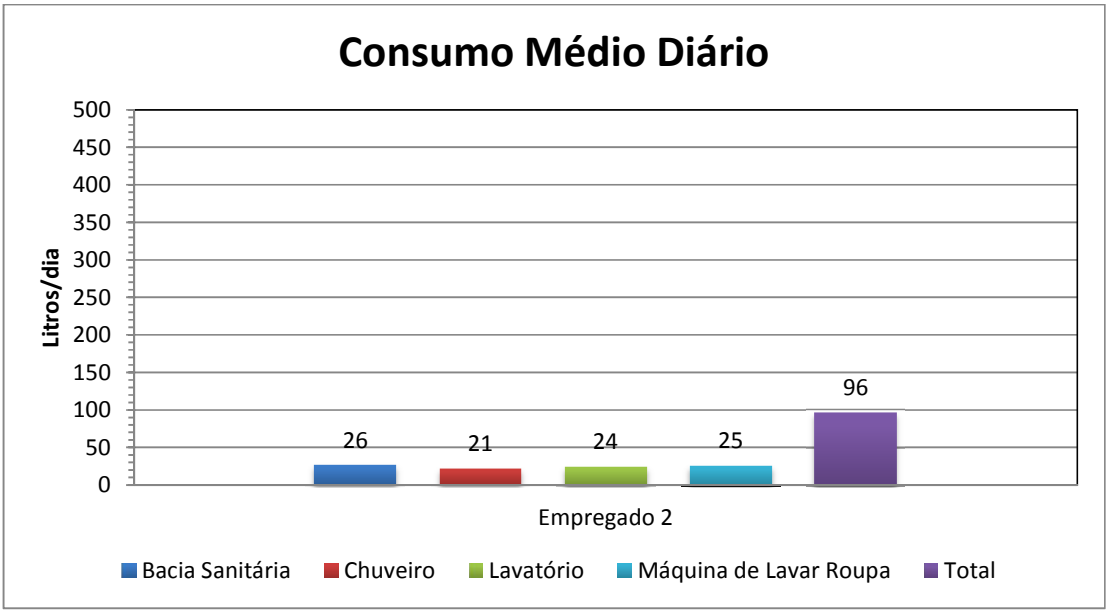


Figura 30: Contribuição quantitativa dos aparelhos no consumo de água do empregado 2.

5.1.2.5 Empregado 3

O empregado 3 trabalha como zelador em 45 horas semanais de segunda à sexta. O maior consumo de água desse funcionário está relacionado ao lavatório (36%), seguido da bacia sanitária (35%) e chuveiro (29%). Não foram identificados os consumos de água na ducha higiênica e na máquina de lavar roupas (**Figura 31**).

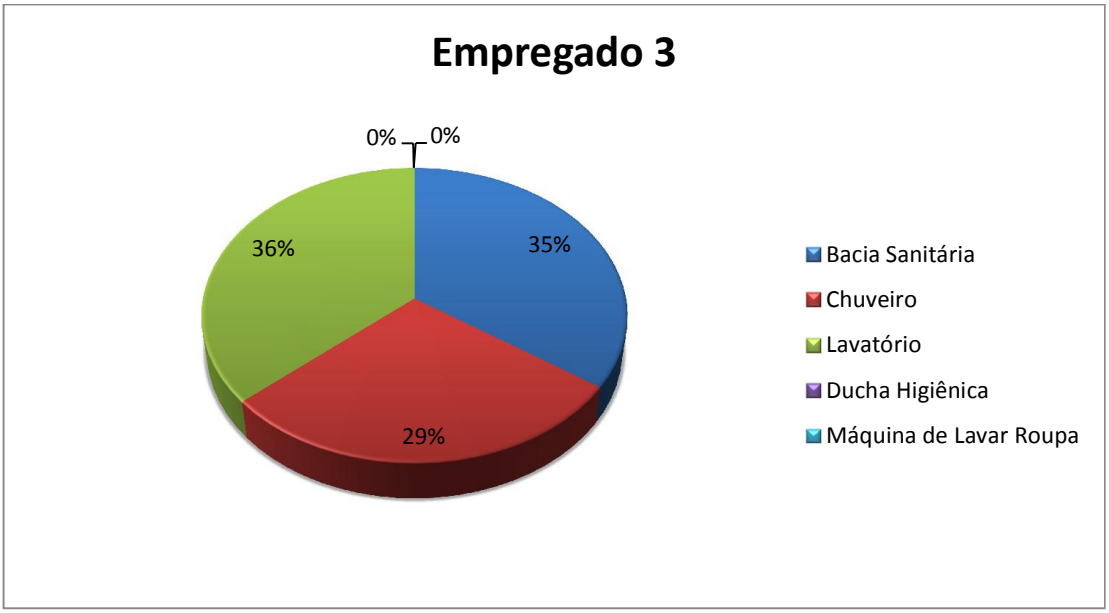


Figura 31: Consumo de água do empregado 3 em cada aparelho hidrossanitário.

Na **Figura 32** é possível constatar que do total de 74 litros consumidos diariamente, 27 litros/dia correspondem à vazão de utilização do lavatório, 26 litros/dia à bacia sanitária e 21 litros/dia ao chuveiro.

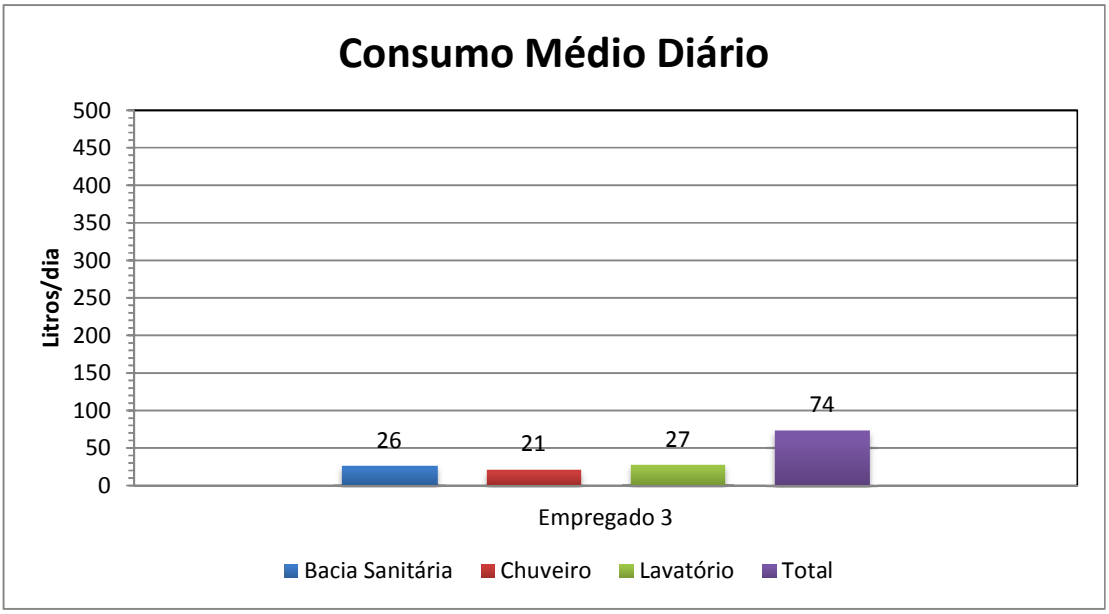


Figura 32: Contribuição quantitativa dos aparelhos no consumo de água do empregado 3.

5.1.3 Contribuição por frequentadores e por aparelhos hidrossanitários

A partir do somatório da parcela de consumo de cada frequentador, observa-se que o consumo médio diário total da residência é de 948 litros/dia (**Figura 33**). Os moradores da residência são os maiores consumidores de água (morador 1: 24% ou 225 litros/dia; morador 2: 47% ou 445 litros/dia), somando 71% (670 litros/dia) do total de consumo. Destaca-se que o morador 2, do gênero feminino, é responsável pelo maior consumo, principalmente, pela utilização do chuveiro (**Figura 25**). Quanto aos empregados (empregado 1: 11% ou 108 litros/dia; empregado 2: 10% ou 96 litros/dia; empregado 3: 8% ou 74 litros/dia), os mesmos totalizam 29% (278 litros/dia) deste consumo.

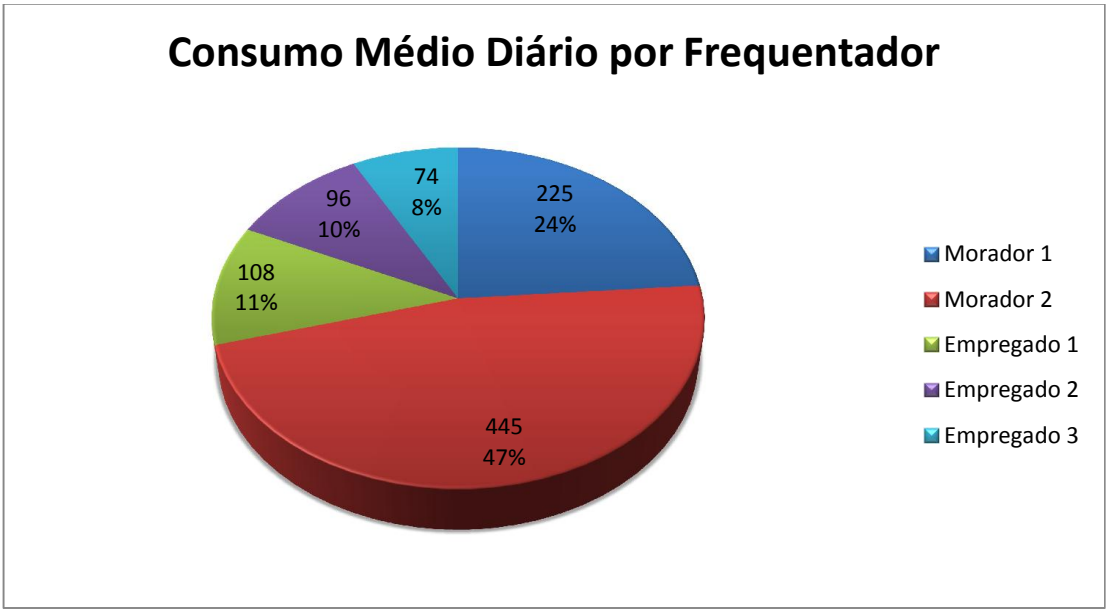


Figura 33: Consumo médio diário de água por frequentador (litros/dia).

O chuveiro constitui o aparelho hidrossanitário de maior consumo médio diário de água, contribuindo com 534 litros (56%). Já o lavatório e a bacia sanitária consomem 249 litros/dia (26%) e 135 litros/dia (14%), respectivamente. Em menor parcela estão a máquina de lavar roupas (25 litros/dia ou 3%) e a ducha higiênica (5 litros/dia ou 1%) (**Figura 34**).

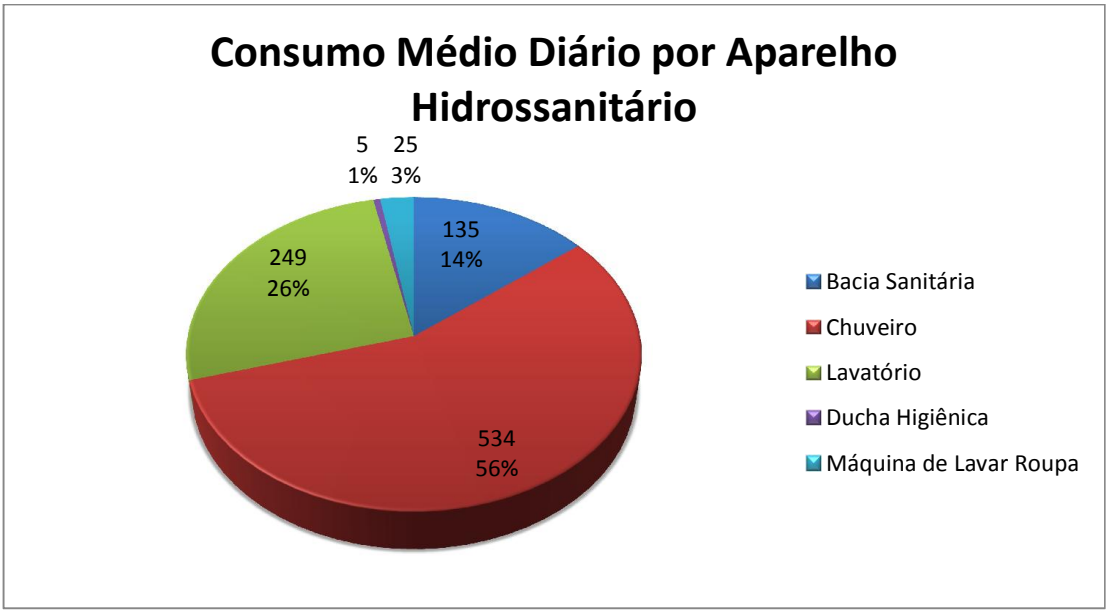


Figura 34: Consumo médio diário por aparelho hidrossanitário (litros/dia).

5.2 Caracterização e quantificação do consumo de água da residência

Neste estudo, sabe-se que a produção de água cinza é procedente do chuveiro, lavatório, ducha higiênica e máquina de lavar roupas. Dessa forma, a partir dos dados obtidos pelo questionário, contabilizou-se que a produção de águas cinza dos aparelhos hidrossanitários citados é de 813 litros/dia equivalente a 0,81 m³/dia.

Considerando as aferições de volume mensal da CESAN, nos valores de 42 m³ (novembro/2013), 44 m³ (dezembro/2013) e 39 m³ (janeiro/2014), tem-se que a média de consumo de água é de aproximadamente 42 m³/mês (1,4 m³/dia). Desse total, aplicando-se o coeficiente de retorno (80%), obtém-se geração de 33,6 m³/mês (1,12 m³/dia) de esgoto, sendo a sua metade caracterizada como água cinza, correspondendo a 0,56 m³/dia.

A **Figura 35** ilustra a comparação entre a vazão encontrada por meio da aplicação do questionário, a vazão aferida pela CESAN e a vazão de projeto selecionada, informada no item 4.2.3 desse estudo.

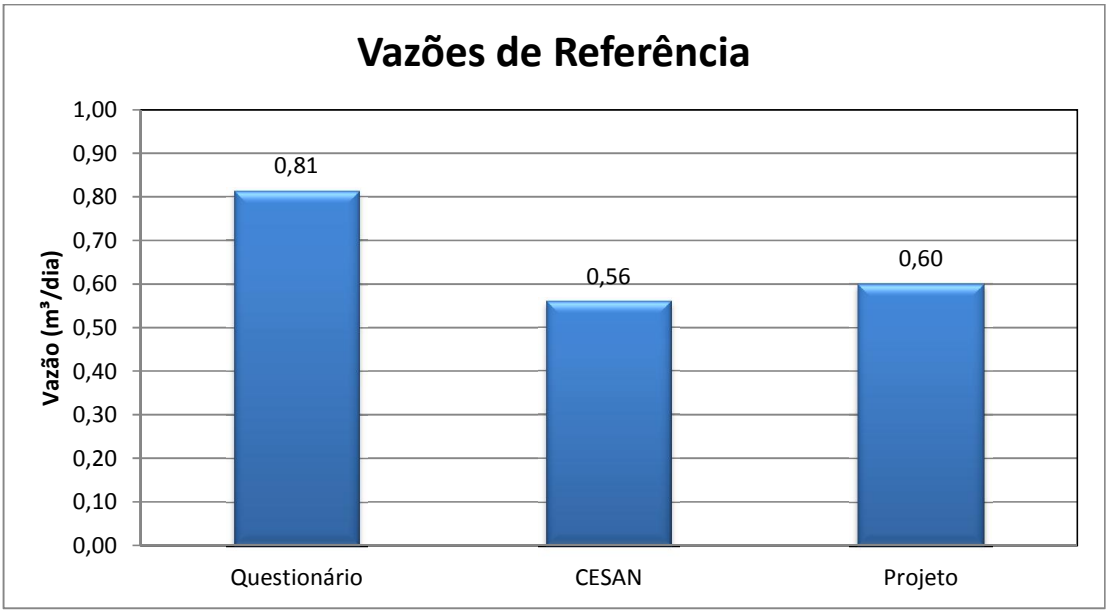


Figura 35: Comparação das diferentes fontes para definição da vazão.

5.3 Demonstração do dimensionamento do sistema

A partir dos dados de projeto fornecidos pela empresa responsável pela implementação da ETAC, obteve-se acesso aos parâmetros de dimensionamento do sistema de tratamento. Dessa forma, seguem alguns dados de entrada e parâmetros utilizados para dimensionamento:

- Vazão média estimada: 0,6 m³/dia (18,0 m³/mês);
- Coeficiente do dia de maior consumo: k_1 = 1,2;
- Coeficiente da hora de maior consumo: k_2 = 1,5;
- Concentração média de DBO_5 afluente: 250 mg/L;
- Concentração média de DQO afluente: 400 mg/L;
- Concentração média de SST afluente: 100 mg/L;
- Temperatura média do efluente: 25 °C.

5.3.1 Cálculo das vazões

Como informando anteriormente, a vazão nominal média estimada de produção de águas cinza é:

$$Q_{méd} = 0{,}6\ \ m^3/dia \tag{8}$$

Para o cálculo da vazão máxima estimada, multiplicou-se a vazão nominal média estimada pelos coeficientes do dia de maior consumo (k_1) e o coeficiente da hora de maior consumo (k_2), cujos valores já foram mencionados anteriormente. Desse modo, tem-se:

$$Q_{máx} = Q_{méd}\ x\ k_1\ x\ k_2 \tag{9}$$
$$Q_{máx} = 1{,}08\ m^3/dia$$
$$Q_{máx} = 32{,}4 m^3/mês$$

Já a vazão mínima estimada, multiplica-se por um fator equivalente a 0,5, resultando na metade do valor da vazão média estimada, assim:

$$Q_{mín} = Q_{méd}\ x\ 0{,}5 \tag{10}$$
$$Q_{mín} = 0{,}3\ \ m^3/dia$$
$$Q_{mín} = 0{,}9\ \ m^3/mês$$

5.3.2 Pré-tratamento

Para o pré-tratamento, determinou-se um sistema de retenção de sólidos de tamanho maior do que 1 mm. Para alcançar tamanha eficiência de retenção, adotou-se um cesto com paredes lateral e inferior compostas por tela com as seguintes características:

- Espaçamento entre malhas: 1,0 mm;
- Composição da malha: fios de nylon;
    - Dimensões do cesto:Altura: 0,30 m;
    - Largura: 0,30 m;
    - Comprimento: 0,30 m.

O cesto está localizado no interior da caixa de entrada do sistema, a qual funciona também como reservatório para o sistema de pressurização, instalado em seu

interior. Dessa forma, a caixa de entrada foi dimensionada considerando os seguintes parâmetros:

- Altura da rede (referência nível do solo): 0,80 m;
- Aresta do cesto: 0,30 m;
- Espaço para acesso e instalação da bomba: 0,30 m;
- Altura útil para armazenamento da água cinza: 0,19 m.

Considerando os parâmetros anteriores, a caixa de entrada e armazenamento foi produzida com as seguintes dimensões:

- Altura: 1,19 m;
- Largura: 0,60 m;
- Comprimento: 0,60 m.

Calculou-se, então, o volume útil de armazenamento da caixa de entrada ($\mathrm{V_{caixa}}$), para posterior recalque para a entrada do sistema.

$$\mathrm{V_{caixa}} = 0{,}6 \times 0{,}6 \times 0{,}19 \qquad (11)$$
$$\mathrm{V_{caixa}} = 0{,}068\ \mathrm{m^3}$$

Assim, o volume útil de armazenamento da caixa de entrada é equivalente a 68,4 litros.

5.3.3 Wetland de fluxo vertical

Para o dimensionamento do *wetland*, o primeiro passo foi calcular o volume útil necessário, tendo como parâmetros a vazão média estimada e o tempo de residência necessário ao efluente no interior do reator.

$$\mathrm{V_u} = \mathrm{Q_{méd}}\ \mathrm{x}\ \theta \qquad (12)$$

Onde:

- V_u: volume útil do wetland (m³);

- $Q_{méd}$: vazão média total (m³/dia);
- θ: tempo de detenção hidráulica (foi admitido um tempo de detenção hidráulica de 2 dias).

Assim, o volume útil requerido é de:

$$\mathrm{V_u} = 1{,}2\ \mathrm{m^3}$$

A partir do volume útil, pôde-se definir a área superficial do *wetland*. Para essa definição, fixou-se a altura útil do *wetland* em 0,60 m, calculando-se a área da secção horizontal, denominada área útil (A):

$$A = \frac{V_u}{0{,}6} = 2{,}0\ m^2 \tag{13}$$

Mantendo-se uma relação de comprimento *versus* largura de 2:1, obtiveram-se as dimensões finais do *wetland* instalado:

- Altura útil: 0,60 m;
- Largura: 1,0 m;
- Comprimento: 2,0 m.

5.3.4 Cisterna

A cisterna implantada no sistema de tratamento tem como objetivo o armazenamento para posterior utilização do efluente tratado. Pelo fato da cisterna estar no nível do fluxo hidráulico e existirem usos associados ao efluente acima deste nível, tornou-se necessária a inclusão de um sistema de pressurização do efluente, de forma que fosse possível disponibilizar a água para reuso no reservatório superior da edificação. Dessa forma, a cisterna foi adotada com um volume útil em torno de 1,5 m³, ou seja, 1500 litros.

A cisterna foi dimensionada para garantir a disponibilização do volume determinado (1500 litros). Optou-se, então, por um reservatório com formato cilíndrico, sendo adotadas as seguintes dimensões:

- Diâmetro: 1,6 m;
- Altura total: 1,43 m;
- Altura útil: 0,73 m.

Como forma de verificação, calculou-se o volume útil da cisterna com a seguinte fórmula:

$$\mathrm{V_{Ucisterna}} = \pi \times \mathrm{r}^2 \times h_u \tag{14}$$

Onde:

- $\mathrm{V_{Ucisterna}}$: volume útil da cisterna (m³);
- r: raio da cisterna (m);
- h_u: altura útil da cisterna (m).

$$V_{\mathrm{Ucisterna}} = \pi \times 0{,}8^2 \times 0{,}73$$
$$V_{\mathrm{Ucisterna}} = 1{,}47\ \mathrm{m}^3$$

5.3.5 Desinfecção

Na etapa de desinfecção, o efluente passará pela cloração utilizando-se um clorador de pastilhas instalado na linha de passagem do efluente, o qual utiliza a energia hidráulica do sistema. Este dispositivo foi produzido pela própria empresa fornecedora do sistema, combinando tubulações e uniões de 100 e 150 mm de diâmetro. O resultado desta combinação pode ser verificado na **Figura 20** e na **Figura 21**.

Para a desinfecção, é normatizado tempo de contato mínimo com o desinfetante de 30 minutos. Ao considerar a vazão máxima de projeto, $\mathrm{Q_{máx}} = 1{,}08\ \mathrm{m^3/dia}$, observa-se que o tempo de detenção fornecido pela cisterna é superior ao exigido, garantindo o contato e desinfecção do efluente final.

5.3.6 Equipamentos elétricos

5.3.6.1 Bomba de recalque na entrada

A bomba selecionada para integrar o sistema foi a Bomba Centrífuga Schneider BC 98 com potência de 1/3 cv. As informações técnicas da bomba selecionada estão no **ANEXO III**.

A bomba Scheneider BC 98 é uma bomba centrífuga de monoestágio com rotor fechado, ou seja, funciona não afogada, com uma linha de sucção e uma de recalque. Esse conjunto é constituído por um motor com potência de 1/3 cv, podendo recalcar a uma altura manométrica de até 17 m, equivalente a uma vazão de 1,2 m³/h. Como a altura manométrica neste caso é de, aproximadamente, 1,0 m, estima-se que a bomba opere com uma vazão em torno de 4,5 m³/h. Um conjunto com estas características atende às necessidades de projeto, devendo apenas se atentar ao fato de a mesma não poder trabalhar submersa, exigindo assim a existência de um ladrão para evitar problemas de funcionamento do conjunto.

5.3.6.2 Bomba de recalque para reservatório superior

A Bomba submersível SPV Beco-10 com 1,0 cv de potência, cujas informações técnicas estão contidas no **ANEXO IV**, foi adotada para o recalque da cisterna ao reservatório superior. Este modelo de bomba é fabricado para operar de forma submersa, ou seja, mergulhada ou abaixo da coluna de água de onde iniciará a sucção. Em projeto, estimou-se altura manométrica entre 9 e 10 mca.

A capacidade do conjunto adotado para esta função varia entre 2 e 19 mca, correspondendo à capacidade de vazão de 27,9 e 0,0 m³/h, respectivamente. Como a altura manométrica será de, aproximadamente, 9,5 mca, o conjunto moto-bomba deve operar com a vazão de, aproximadamente, 20 m³/h.

5.4 Custos de implantação, manutenção e operação do sistema

Os custos totais de implantação e funcionamento de um sistema de tratamento de águas cinza podem ser divididos em: elaboração do projeto, implantação do sistema, manutenção dos constituintes de forma geral e operação do sistema em funcionamento. Neste caso, como o projeto e a implantação foram fornecidos pela mesma empresa, considerou-se os dois processos de forma única, visto que o valor global é fornecido de forma integral, sem distinção entres os processos. Para efeito de cálculos, foram considerados um dia com 24 horas, um mês com 30 dias e um ano com 12 meses.

Para o levantamento do valor de fornecimento do sistema, solicitou-se o valor contratado à empresa responsável (R$ 7.900,00). Além do custo do fornecimento, o contratante informou que houve custos relativos à preparação do terreno para implantação do produto adquirido (pré-montagem). As atividades de preparação englobam o aluguel de uma retroescavadeira e a mão de obra de um encarregado responsável pela preparação do terreno. Foram necessários dois dias de trabalho da máquina e do encarregado, gerando os custos de R$ 240,00 e R$ 220,00, respectivamente.

Quando em funcionamento, a ETAC gera custos que podem ser classificados em custos fixos, como energia elétrica, operação do sistema e limpeza das unidades, e custos variáveis, como manutenção de equipamentos. A tabela a seguir (**Tabela 13**) resume os custos de consumo de energia elétrica atrelados ao funcionamento de cada equipamento que constitui o sistema, de acordo com suas respectivas características. A tarifa energética utilizada como referência é de R$ 0,29884/kWh, informação obtida pela tabela da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) conforme **ANEXO V**.

Tabela 13: Caracterização do consumo de energia elétrica por equipamento instalado.

Equipamento	Potência (cv)	Potência (kW)	Tarifa (R$/kWh)	Funcionamento (h/mês)	Consumo (R$/mês)	Consumo (R$/ano)	Total Anual
Bomba Centrífuga Schneider BC 98	0,33333	0,24516	0,29884	4,00	R$ 1,20	R$ 14,34	R$ 14,48
Bomba Submersível SPV Beco-10	1,00	0,73549	0,29884	0,0375	R$ 0,01	R$ 0,13	

Custos relativos à manutenção e limpeza das unidades do sistema são fixos, sendo este serviço oferecido pela empresa fornecedora da ETAC. No entanto, para diminuir estes custos, o contratante optou por não contratar este serviço, uma vez que possui um funcionário responsável por funções de manutenção da residência. Como a empresa que fornece a ETAC aplica um treinamento de operação e manutenção, o contratante julgou que seu funcionário, após o treinamento, estaria apto para promover o bom funcionamento e todo o sistema.

O salário deste funcionário, informado pelo proprietário da residência, corresponde a R$ 724,00 (salário mínimo), que com a adição dos encargos (80% do salário), o custo mensal deste empregado é de R$ 1.303,00. Jugou-se que apenas 1% da carga horária de trabalho deste empregado são destinadas aos serviços relacionados à estação. Dessa forma, o custo de operação e manutenção considerado é de R$ 13,03/mês.

Para a desinfecção do sistema, que é realizada por pastilhas de hipoclorito de sódio, foi informado pela empresa fornecedora do sistema, que haveria um consumo médio de 02 (duas) pastilhas por semana. Considerando o preço médio de uma unidade igual a R$ 5,00, tem-se um custo fixo anual equivalente à R$ 520,00.

Existem ainda os custos que podem surgir devido às eventuais manutenções dos equipamentos instalados, neste caso, as bombas e o sistema de automação. Para a manutenção, adotou-se um período de 6 meses, incluindo uma visita de um técnico qualificado, assim como a lubrificação e trocas de peças necessárias. No mercado,

para uma visita técnica, incluindo diagnóstico e lubrificação de equipamentos, é cobrado, em média, R$ 140,00. Para destravar o rotor do motor de uma bomba, fato que geralmente ocorre, devido à entrada de sólidos grosseiros em fases que possuem pressurização, o valor pago é de aproximadamente R$ 100,00. Considerando que o sistema é composto por dois conjuntos moto-bombas e o destravamento de um rotor é feito semestralmente, para uma manutenção periódica, gasta-se, aproximadamente, R$ 480,00 anuais.

O resumo do investimento e dos custos relacionados ao funcionamento do sistema são apresentados na **Tabela 14**.

Tabela 14: Investimento e custos relacionados à instalação do sistema.

Investimento Inicial (R$)		Custos Fixos e Variáveis (R$/Ano)			
ETAC	**Pré-Montagem**	**Operação e Limpeza**	**Insumos Desinfecção**	**Manutenção de Equipamentos**	**Consumo Energético**
7.900,00	460,00	156,36	520,00	480,00	14,48

5.5 Viabilidade econômica e tempo de retorno do investimento

Com o levantamento de todos os custos realizados, foi possível estudar a viabilidade econômica para a implantação da ETAC nesta residência unifamiliar de alto padrão. Para tanto, foi necessário fixar uma vazão, a qual optou-se por admitir a vazão nominal de projeto (0,60 m³/dia), uma vez que os valores encontrados por meio do questionário (0,81 m³/dia) e pela estimativa da CESAN (0,56 m³/dia) estão entre as vazões máximas e mínimas suportadas pelo sistema, conforme apresentado no item 5.3.1.

Tendo em vista a referida vazão nominal de projeto, o volume total disponível de água cinza para reuso, considerando a produção em 30 dias/mês, é de 18 m³ de água de reuso mensais. Portanto, dos 42 m³ consumidos de água na residência por mês, 18 m³ são disponibilizados à ETAC com potencial de consumo e redução no volume de água potável consumido. Assim, a residência que a princípio se enquadrava na faixa de consumo entre 31 e 50 m³ se encaixa na faixa de 21 a 30 m³, pois pode consomir um volume mensal de 24,0 m³, reduzindo o valor da tarifa

cobrada de água e esgoto de um total de R$ 9,72 para R$ 9,09/m³ no primeiro ano de funcionamento, gerando uma economia ainda maior.

Dessa forma, a tabela a seguir (**Tabela 15**) apresenta os benefícios financeiros que a implantação do sistema dispõe, tanto na redução do consumo de água potável, quanto na redução da faixa tarifária cobrada pela CESAN.

Tabela 15: Resumo de economia propiciada pela utilização do sistema.

	Sem reuso		Com reuso		Economia	
	Tarifa Cobrada Água + Esgoto (R$/m³)	Custo Mensal Água + Esgoto	Tarifa Cobrada Água + Esgoto (R$/m³)	Custo Mensal Água + Esgoto	Mensal	Anual
Ano 1	R$ 9,72	R$ 402,41	R$ 9,09	R$ 211,07	R$ 191,34	R$ 2.296,08
Ano 2	R$ 10,12	R$ 419,03	R$ 9,47	R$ 219,79	R$ 199,24	R$ 2.390,91
Ano 3	R$ 10,54	R$ 436,33	R$ 9,86	R$ 228,86	R$ 207,47	R$ 2.489,65
Ano 4	R$ 10,97	R$ 454,35	R$ 10,26	R$ 238,31	R$ 216,04	R$ 2.592,48
Ano 5	R$ 11,43	R$ 473,12	R$ 10,69	R$ 248,16	R$ 224,96	R$ 2.699,54
Ano 6	R$ 11,90	R$ 492,66	R$ 11,13	R$ 258,41	R$ 234,25	R$ 2.811,04
Ano 7	R$ 12,39	R$ 513,01	R$ 11,59	R$ 269,08	R$ 243,93	R$ 2.927,13
Ano 8	R$ 12,90	R$ 534,19	R$ 12,07	R$ 280,19	R$ 254,00	R$ 3.048,02
Ano 9	R$ 13,44	R$ 556,25	R$ 12,57	R$ 291,76	R$ 264,49	R$ 3.173,91
Ano 10	R$ 13,99	R$ 579,23	R$ 13,08	R$ 303,81	R$ 275,42	R$ 3.304,99

Em resumo, as despesas relacionadas ao funcionamento da ETAC, como consumo energético, gastos com homem/hora, insumos para desinfecção e manutenção de equipamentos são apresentadas na **Tabela 16**.

Tabela 16: Resumo de despesas para manutenção do sistema de tratamento.

	Despesa mensal		Despesas total anual	
Ano 1	R$	106,54	R$	1.278,47
Ano 2	R$	107,22	R$	1.286,64
Ano 3	R$	107,94	R$	1.295,22
Ano 4	R$	108,69	R$	1.304,24
Ano 5	R$	109,48	R$	1.313,71
Ano 6	R$	110,30	R$	1.323,65
Ano 7	R$	111,18	R$	1.334,10
Ano 8	R$	112,09	R$	1.345,07
Ano 9	R$	113,05	R$	1.356,60
Ano 10	R$	114,06	R$	1.368,71

Analisando os custos e benefícios anuais estimados, verificou-se que existe um saldo positivo, ou seja, os benefícios superaram os custos anuais, conforme apresenta a tabela de fluxo de caixa a seguir (**Tabela 17**).

Tabela 17: Fluxo de caixa anual (economia x despesas).

Investimento Inicial (Ano 0)	-R$	8.360,00
Ano 1	R$	1.017,61
Ano 2	R$	1.104,27
Ano 3	R$	1.194,43
Ano 4	R$	1.288,24
Ano 5	R$	1.385,84
Ano 6	R$	1.487,38
Ano 7	R$	1.593,03
Ano 8	R$	1.702,95
Ano 9	R$	1.817,30
Ano 10	R$	1.936,28

Sabendo-se que para o investimento existe um saldo positivo em cada período, é necessário analisar os indicadores disponíveis para verificar se o investimento é realmente viável economicamente no horizonte de projeto estabelecido, que neste estudo é de 10 anos.

Para este investimento, o Valor Presente Líquido calculado para o horizonte de projeto foi de R$ 1.322,99, ou seja, um valor positivo, demonstrando a viabilidade do investimento para o retorno em uma década. De forma clara, o VPL indica que após 10 anos de implantação do sistema estima-se o lucro de R$ 1.322,99 alcançados pelos benefícios que o sistema dispõe.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) para este investimento, no mesmo período, é de 10,21% a.a., ou seja, superior à Taxa Mínima de Atratividade que na data de implantação da ETAC era de 9,39% a.a. Este resultado comprova a viabilidade econômica da implantação deste sistema para uma residência unifamiliar de alto padrão, uma vez que seria mais interessante investir na instalação do sistema ao aplicar o valor inicial em algum tipo de investimento bancário.

O *Payback* Descontado para este projeto é inferior a uma década ficando entre 8 e 9 anos, encaixando-se assim, no horizonte de projeto assumido para este estudo de 10 anos. A **Figura 36** ilustra com clareza o tempo de retorno de capital para este investimento.

É importante ressaltar que o resultado de *Payback* encontrado para o presente estudo corrobora com os resultados de Gonçalves *et al.* (2010) em um edifício residencial em Vitória (ES), sendo o tempo de retorno do investimento estimado entre 5 a 8,5 anos, o qual é considerado pequeno quando comparado com o tempo médio de moradia de um proprietário que é de aproximadamente 15 anos.

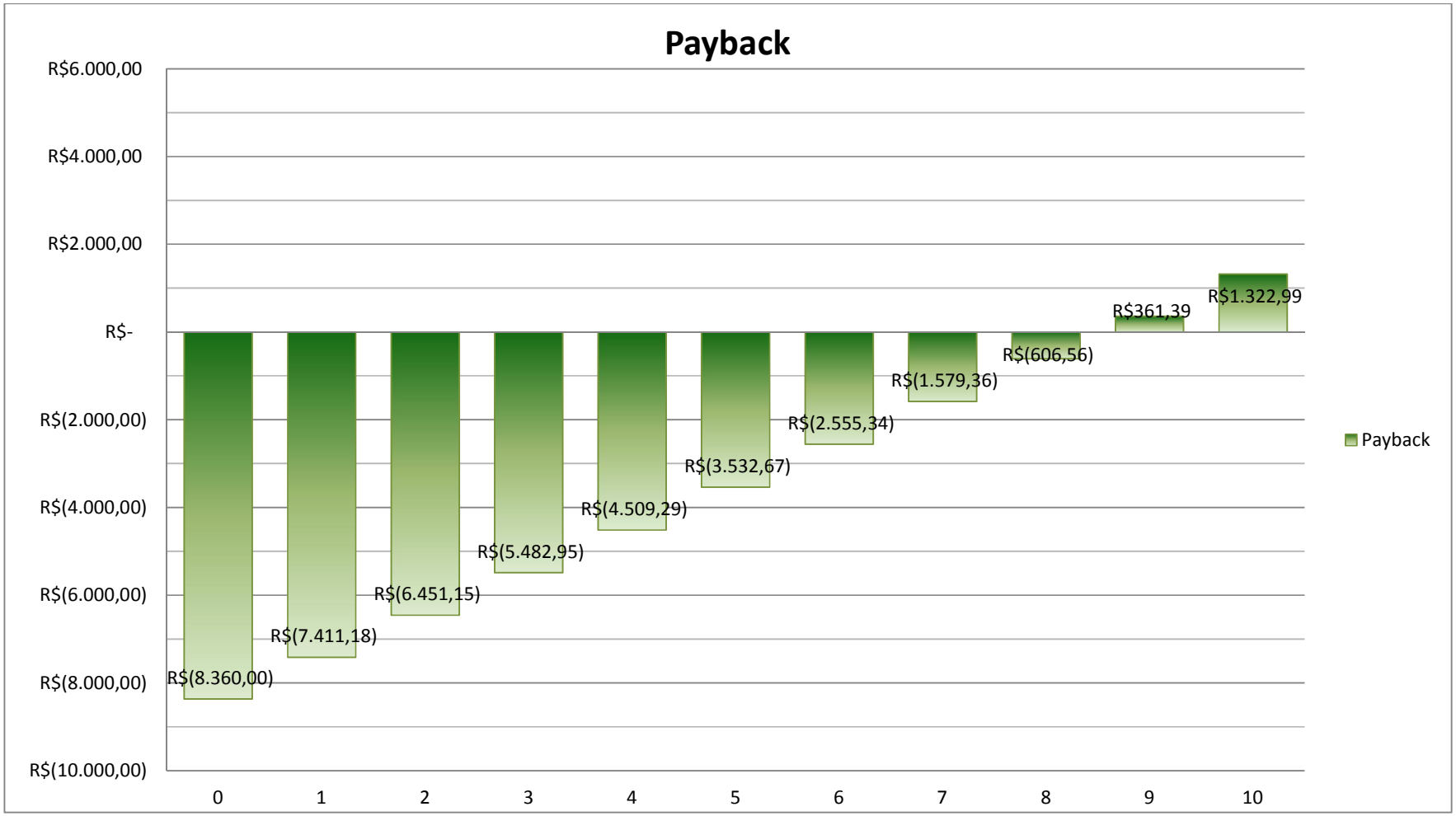


Figura 36: Tempo de retorno de capital do investimento.

CAPÍTULO VI

6 CONCLUSÃO

A ETAC implantada na residência é constituída de pré-tratamento (cesto com peneira), tratamento aeróbio (*wetland* de fluxo vertical) e desinfecção (pastilhas de hipoclorito de sódio), utilizando-se de sistemas pressurizadores para controle funcional do sistema e garantia da disponibilidade de água cinza para diversos fins. Conforme verificado no presente estudo, o dimensionamento do sistema atende às necessidades de tratamento e armazenamento de água cinza produzida e utilizada na residência unifamiliar.

A aplicação do questionário foi importante para a caracterização da edificação, tendo em vista a quantificação de equipamentos hidrossanitários instalados, da ocupação da residência e dos hábitos pessoais de moradores e empregados, proporcionando uma estimativa da disponibilidade de água cinza para reuso. Com relação ao consumo residencial de água, o morador 2 destacou-se entre os demais frequentadores devido à utilização de 445 litros/dia, correspondendo a 47% do total consumido pela residência que é de 948 litros/dia. Deste total de água consumida, o chuveiro representou o aparelho hidrossanitário de maior consumo médio diário de água, contribuindo com 534 litros (56%).

A partir dos dados de produção de água cinza obtidos pelo questionário, procedentes do chuveiro, lavatório, ducha higiênica e máquina de lavar, contabilizou-se que a produção de águas cinza dos aparelhos hidrossanitários citados é de 813 litros/dia, equivalente a 0,81 m³/dia. Outras vazões referentes à produção de água cinza foram obtidas a partir das aferições do volume de consumo mensal de água da CESAN no valor de 0,56 m³/dia e da vazão nominal de projeto informada no valor de 0,60 m³/dia, sendo esta utilizada como referência para o estudo de viabilidade econômica.

De maneira geral, o investimento para instalação do sistema foi baixo (R$ 8.360,00), tendo em vista que projetos semelhantes com a mesma eficiência podem vir a custar

de duas a três vezes mais este valor, pois além do sistema em si são necessárias obras civis para implantação e maiores consumos energéticos para seu funcionamento. É importante ressaltar que o sistema implantado torna-se economicamente viável devido à alta produção de água cinza para uma residência unifamiliar (0,60 m³/dia), garantindo o retorno do investimento em curto prazo (8 a 9 anos), considerando que o tempo médio de moradia é de aproximadamente 15 anos.

Desse modo, com base nos resultados apresentados, conclui-se que a implantação de um sistema de reuso de água cinza para fins não potáveis é viável economicamente para uma residência unifamiliar de alto padrão, colaborando com o orçamento familiar, no que diz respeito à redução de custos.

CAPÍTULO VII

7 RECOMENDAÇÕES

Seguem algumas considerações para os próximos estudos:

- Utilizar meios de medições pontuais de consumo de água em cada aparelho;
- Realizar análises laboratoriais para verificar a eficiência do sistema de tratamento;
- Considerar orçamento de projeto em empresas distintas para comparação com o sistema implantado.

CAPÍTULO VIII

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-JAYYOUSI, O. R. Greywater reuse: towards sustainable water management. **Desalination**. 156, 181-192pp. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13969**: Tanques sépticos: Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: Projeto construção e operação: procedimento. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5626.** Instalação Predial de Água Fria. Rio de Janeiro, 1998.

BOUTIN, C.; LIÉNARD A. Reed bed filters for wastewater treatment in France: major designs aspects and history of development. Restoring Florida´s Everglades. **Magazine of the international water association**, WARER 21, April, 58-60pp. 2004.

BRUNI, A. L., FAMÁ, R**. As decisões de investimentos.** 2ª Ed. – São Paulo: Atlas, 2007.

CHRISTOVA-BOALA. D.; EDENB, R. E.; MCFARLANE, S. An investigation into greywater reuse for urban residential properties. **Desalination**. 106, 391-397pp, 1996.

CONTADOR, C. R. **Projetos sociais: avaliação e prática**. 4. ed. ampl. São Paulo: ed. Atlas, 2000.

COOPER, P. A review of the design and performance of vertical-flow and hybrid reed bed treatment systems. **Water Science e Technology,** 40(3), 1-9pp. 1999.

COOPER, P.; GRIFFIN, P.; HUMPHRIES, S.; POUND, A. Design of a hybrid reed bed system to achieve complete nitrification and denitrification of domestic sewage. **Water Science e Technology**, 40(3), 283-289pp. 1999.

DIAS, V. N.; INÁCIO, M.; PACHECO, P.; LOPES, J.; CORREIA, P.; SOUTINHO, E. Fito-ETARs: pressupostos teóricos de funcionamento e tipos**. Anais do 9º Encontro Nacional de Saneamento Básico**, Loures, Portugal, 587-607pp. 2000.

FIDAR, A.; MEMON, F. A.; BUTLER, D. Environmental implications of water efficient microcomponents in residential buildings. **Science of the total environment**, v. 408, n. 23, 5828-5835pp, Elsevier, 2010.

FIESP. **Manual de Conservação e reuso de água em edificações**. São Paulo, Prol editora gráfica, 2005.

FIORI, S. Avaliação qualitativa e quantitativa do potencial de reuso de água cinza em edifícios residenciais multifamiliares. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2005.

FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reuso de águas cinza em edificações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, 19-30pp, jan./mar. 2006.

GLEICK, P. H. **The world's water. 2000-2001.** Report on Freshwater Resources. Island Press, 315pp. 2000.

GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água.** Projeto PROSAB. Edital 5. Rio de Janeiro: ABES, 352pp. 2009. Disponível em: <www.finep.gov.br_prosab_livros_prosab5_tema 5>. Acesso em: 12 dez. 2013.

GONÇALVES, R. F. (Coord.). Uso racional da água em edificações. ed. Rio de Janeiro: Prosab/Abes, 2006.

GONÇALVES, R. F. Tecnologias nacionais para pós-tratamento de esgotos. In: ANDREAOLI, C. V., WILLER, M. (Ed.). **Gerenciamento do saneamento em comunidades planejadas**. São Paulo: Alphaville Urbanismo S.A, (p. 161-173). (Série Cadernos Técnicos Alphaville, 1). São Paulo, 2005.

GONÇALVES, R. F.; SIMÕES, G. M. S.; WANKE, R. Reuso de Águas cinza em Edificações Urbanas – Estudo de Caso em Vitória (ES) e Macaé (RJ). **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica**. Vol. 3, No. 1, 120-131pp, 2010.

HESPANHOL, I. Água e saneamento básico: Uma visão realista. *In:* **Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 249-304pp, cap.8. 1999.

HIRSCHFELD, Henrique. **Engenharia econômica e análise de custos:** aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores. 7ª ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Atlas, 2000.

JEPPESEN, B. Domestic greywater re-use: Australia's challenge for the future. **Desalination,** 106, 311-315pp, 1996.

JI, W.; MITCHELL, L. C. Analytical Model-Based Decision Support GIS for Wetland Resource Management. *In*: **Wetland and Environmental Applications of GIS**. Editado por Lyon, J. G e McCarthy J, 1995.

KLEIN, G. California's Water – Energy Relationship. California Energy Commission, EUA. Disponível em: http://www.energy.ca.gov/2005publications/CEC-700-2005-011/CEC-700-2005-011-SF.PDF, 2005.

LEE, M.; TANSEL, B. Life cycle based analysis of demands and emissions for residential water-using appliances. **Journal of Environmental Management**, v., 101, 30 June 2012, 75-81pp.Elsevier, 2012.

METCALF; EDDY. **Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse**. 3 Ed. New York. McGraw-Hill. 1334pp. 1991

MOTA, M. B. R.; MANZANARES, M. D.; R. A. L. SILVA. Viabilidade de Reutilização de Água para Vasos Sanitários. **Revista Ciências do Ambiente On-Line.** Volume 2, Número 2, Agosto, 2006.

OLIVEIRA, L. H.; ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M.; YWASHIMA, L.; REIS, R. P. A. R. **Levantamento do estado da arte: Água - Tecnologias para construção habitacional mais sustentável.** Projeto Finep, São Paulo, 2007.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Fatos sobre água e saneamento.** 2006. Disponível em: <http://www.onu.org.br/rio20/agua.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2013.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Alertando para escassez de água doce, ONU pede esforços globais para proteger recursos naturais.** 2013. Disponível em: < http://www.onu.org.br/alertando-para-escassez-de-agua-doce-onu-pede-esforcos-globais-para-proteger-recursos-naturais/>. Acesso em: 18 dez. 2013.

OPA/CEPIS. **Água: Não ao desperdício, não à escassez!** Centro Panamericano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente. ABES. P. 50. 2002

PROENÇA, L. C.; GHISI, E.; TAVARES, D. DA F.; COELHO, G. M. Potential for electricity savings by reducing potable water consumption in a city scale**. Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, n. 11, 960-965pp. Elsevier, 2011.

PROGRAMA DE MODERNIZAÇÃO DO SETOR DE SANEAMENTO - PMSS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2006. Brasília: SNSA, 232 p, 2007.

RAN, N.; AGAMI, M.; ORON, G. A pilot study of constructed wetlands using duckweed (*Lemna gibba* L.) for treatment of domestic primary effluent in Israel. **Water Research**, 38, 2241-2248pp. 2004.

ROGERS, P. P.; LLAMAS, M. R.; MARTINEZ-CONTNA, L. **Water crisis: myth or reality?** London: Fundación Marcelino Botín, Taylor & Francis, 331pp, 2006.

ROSS, Stephen A; JAFFE, Jeffrey F.; WESTERFIELD, Randolph W. **Administração financeira**. 2. ed. - São Paulo: Atlas, 776 p., 2002.

SANTOS, D. C. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. **Ambiente Construído:** Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, ANTAC, Porto Alegre, v. 2, n. 4, 7-18 pp. Out./dez. 2002.

SANTOS, H. F dos. Custos dos sistemas de reuso de água. *In:* MANCUSO, P. C. S. SANTOS, H. F. dos. (Editores). **Reuso de água.** Barueri, SP: Manole, 433-468 pp, 2003.

SCHEE, W. G. Experiences with collective domestic water system in Leidsche Rijn. In: CIB W-62 SEMINAR, 30, 2004, Paris. **Proceedings...** Paris, France: CIB, 5 pp. 2004.

SHUTES, R. B. E. Artificial wetlands and water quality improvement. **Environment International,** London, n. 26, 441-447 pp, 2001.

SILVESTRE, A.; PEDRO-DE-JESUS, M. Tratamento de Águas Residuais Domésticas em Zonas Húmidas Artificiais. Monografia de Final de Curso, Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Biológica e Química. 2002.

SOUSA, Almir Ferreira de. **Avaliação de investimento: uma abordagem prática**. São Paulo: Saraiva, 2007.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva.** São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TUCCI, C.E.M; HESPANHOL, I; CORDEIRO, O C. Cenário de Gestão da Água no Brasil: uma contribuição para a visão Mundial da água. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** V. 5 n. 3. 2000.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, 22 (63), 2008.

TUNDISI, J. G. *et al.* Conservação e uso sustentável de recursos hídricos, *In:* BARBOSA, F. A. **Ângulos da água: desafios da integração**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 157-83 pp, 2008.

VESENTINI, J. W. **Brasil, sociedade e espaço**. 7. ed. São Paulo: Ática, 1999.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** Belo Horizonte, UFMG. v.2. 1996.

WINWARD, G. P.; AVERY, L. M.; FRAZER-WILLIAMS, R.; PIDOU, M.; JEFFREY, P.; STEPHENSON, T.; JEFFERSON, B. A study of the microbial quality of grey water and an evaluation of treatment technologies for reuse. **Ecological Engineering**, v. 32, n. 2, 187-197pp, Elsevier, 2008.

YWASHIMA, L. A. **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo**. 2005. 192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

CAPÍTULO IX

9 ANEXOS

ANEXO I – Modelo de questionário;

ANEXO II – Questionário preenchido;

ANEXO III – Resultados de cálculos – Viabilidade Econômica

ANEXO IV – Especificação Técnica da Bomba BC-98

ANEXO V – Especificação Técnica da Bomba SPV Beco 10

ANEXO VI – Tabela Tarifária da ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

ANEXO I

Modelo de questionário

QUESTIONÁRIO

PARTE I: Caracterização da Edificação e da sua Ocupação

1) Quantos dormitórios têm na sua casa? _____.

2) Em sua casa moram: (quantidade)
   ( ) crianças (de 0 à 10 anos);
   ( ) adolescentes (de 11 a 17 anos);
   ( ) adultos (mais de 18 anos);
   ( ) empregados fixos (que dormem no serviço);
   ( ) empregados temporários (que NÃO dormem no serviço).

Se possui empregado(s) temporário(s), qual é a frequência?
   ( ) uma vez por semana;
   ( ) duas vezes por semana;
   ( ) a cada 15 dias;
   ( ) outro. Qual? _____.

3) Quantos banheiros têm a sua casa?
   ( ) banheiro(s) social(s);
   ( ) banheiro(s) de serviço (de empregados);
   ( ) banheiro(s) privativo ou suíte.

Existe algum banheiro com mais de uma bacia sanitária?
   ( ) sim ( ) não

4) Na sua casa tem banheira?
   ( ) sim ( ) não

Qual é a frequência que a banheira é utilizada?
   ( ) uma vez por semana;
   ( ) a cada 15 dias;
   ( ) uma vez por mês;
   ( ) outro. Qual? _____.

5) A sua bacia sanitária é:

( ) caixa de descarga acoplada;

( ) caixa de descarga embutida;

( ) caixa de descarga alta;

( ) válvula de descarga;

( ) outro. Qual? _____.

Quantos litros é a descarga da bacia sanitária? _____.

6) Quantas máquinas de lavar existem na residência? _____.

A sua máquina de lavar é de:

( ) 4 kg

( ) 5 kg

( ) 6 kg

( ) 7 kg

( ) 8 kg

( ) outro. Qual? _____.

Quantas vezes ela é utilizada por semana? _____.

7) Em sua casa possui (colocar aqui o número total de toda a residência):

( ) chuveiros (s);

( ) banheiras (s);

( ) lavatórios (s);

( ) bacia sanitária (s);

( ) pia de cozinha(s);

( ) tanque (s).

PARTE II: Caracterização dos Hábitos Pessoais

8) Sobre o tempo de permanência na residência:
   Quantas horas por dia permanece na residência (cada morador deve preencher em horas por dia)?

	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Morador 1							
Morador 2							
Empregado 1							
Empregado 2							
Empregado 3							

9) Sobre a descarga da bacia sanitária:
   Quantas vezes é utilizada a descarga da bacia sanitária por dia (cada morador deve preencher em número de vezes por dia)?

	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Morador 1							
Morador 2							
Empregado 1							
Empregado 2							
Empregado 3							

10) Sobre o lavatório do banheiro:
   Quanto tempo utiliza-se para escovar os dentes (cada morador deve marcar o seu tempo médio em minutos que a torneira fica aberta e quantas vezes por dia escova os dentes)?

	Nº de vezes	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Morador 1								
Morador 2								
Empregado 1								
Empregado 2								
Empregado 3								

Quantas vezes lava-se as mãos por dia e quanto tempo é utilizado em média (cada morador deve marcar o seu tempo médio em segundos)?

	Nº de vezes	Tempo (segundos)
Morador 1		
Morador 2		
Empregado 1		
Empregado 2		
Empregado 3		

Quantas vezes lava-se o rosto por dia e quanto tempo é utilizado em média (cada morador deve marcar o seu tempo médio em segundos)?

	Nº de vezes	Tempo (segundos)
Morador 1		
Morador 2		
Empregado 1		
Empregado 2		
Empregado 3		

Registro de outras utilizações do lavatório do banheiro (favor anotar a finalidade para o uso do lavatório). Ex.: fazer a barba.

Para que foi utilizado	Quantidade (vezes/semana)	Tempo (segundos)

11)Sobre o chuveiro:

Qual a quantidade de banhos por dia e qual a duração de cada banho por morador (anotar o tempo em minutos por dia)?

		Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Morador 1	Nº Banhos							
	Duração							
Morador 2	Nº Banhos							
	Duração							
Empregado 1	Nº Banhos							
	Duração							
Empregado 2	Nº Banhos							
	Duração							
Empregado 3	Nº Banhos							
	Duração							

Utiliza o chuveiro ou ducha higiênica para lavagem do banheiro?

( ) sim ( ) não

Se sim, qual a duração (segundos)?

	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Morador 1							
Morador 2							
Empregado 1							
Empregado 2							
Empregado 3							

12) Sobre a máquina de lavar:

Quantas vezes a máquina de lavar é utilizada por semana?

	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Morador 1							
Morador 2							
Empregado 1							
Empregado 2							
Empregado 3							

ANEXO II

Questionário preenchido

QUESTIONÁRIO

PARTE I: Caracterização da Edificação e da sua Ocupação

1) Quantos dormitórios têm na sua casa? **04**.

2) Em sua casa moram: (quantidade)
   (**0**) crianças (de 0 à 10 anos);
   (**0**) adolescentes (de 11 a 17 anos);
   (**2**) adultos (mais de 18 anos);
   (**0**) empregados fixos (que dormem no serviço);
   (**3**) empregados temporários (que NÃO dormem no serviço).

Se possui empregado(s) temporário(s), qual é a frequência?
   ( ) uma vez por semana;
   ( ) duas vezes por semana;
   ( ) a cada 15 dias;
   (**x**) outro. Qual? **Todos os dias para os 03 funcionários, exceto os finais de semana para 02 funcionários.**

3) Quantos banheiros têm a sua casa?
   (**2**) banheiro(s) social(s);
   (**1**) banheiro(s) de serviço (de empregados);
   (**4**) banheiro(s) privativo ou suíte.

Existe algum banheiro com mais de uma bacia sanitária?
   ( ) sim (**x**) não

4) Na sua casa tem banheira?
   (**x**) sim ( ) não

Qual é a frequência que a banheira é utilizada?
   ( ) uma vez por semana;
   ( ) a cada 15 dias;
   (**x**) uma vez por mês;
   ( ) outro. Qual? _____.

5) A sua bacia sanitária é:

(**x**) caixa de descarga acoplada;

( ) caixa de descarga embutida;

( ) caixa de descarga alta;

( ) válvula de descarga;

( ) outro. Qual? _____.

Quantos litros é a descarga da bacia sanitária? **06 litros.**

6) Quantas máquinas de lavar existem na residência? **01.**

A sua máquina de lavar é de:

( ) 4 kg

( ) 5 kg

( ) 6 kg

( ) 7 kg

( ) 8 kg

(**x**) outro. Qual? **10 kg.**

7) Em sua casa possui (colocar aqui o número total de toda a residência):

(**7**) chuveiros (s);

(**1**) banheiras (s);

(**8**) lavatórios (s);

(**7**) bacia sanitária (s);

(**3**) pia de cozinha(s);

(**2**) tanque (s).

PARTE II: Caracterização dos Hábitos Pessoais

8) Sobre o tempo de permanência na residência:
Quantas horas por dia permanece na residência (cada morador deve preencher em horas por dia)?

	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Morador 1	24	13	13	13	13	13	24
Morador 2	24	13	13	13	13	13	24
Empregado 1	0	9	9	9	9	9	7
Empregado 2	0	9	9	9	9	9	0
Empregado 3	0	9	9	9	9	9	0

9) Sobre a descarga da bacia sanitária:
Quantas vezes é utilizada a descarga da bacia sanitária por dia (cada morador deve preencher em número de vezes por dia)?

	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Morador 1	7	3	3	3	3	5	7
Morador 2	7	4	4	4	4	6	7
Empregado 1	0	5	5	5	5	5	5
Empregado 2	0	6	6	6	6	6	0
Empregado 3	0	6	6	6	6	6	0

10) Sobre o lavatório do banheiro:
Quanto tempo utiliza-se para escovar os dentes (cada morador deve marcar o seu tempo médio em minutos que a torneira fica aberta e quantas vezes por dia escova os dentes)?

	Nº de vezes	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Morador 1	3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Morador 2	3	2	2	2	2	2	2	2
Empregado 1	1	0	2	2	2	2	2	2
Empregado 2	1	0	1	1	1	1	1	0
Empregado 3	1	0	1	1	1	1	1	0

Quantas vezes lava-se as mãos por dia e quanto tempo é utilizado em média (cada morador deve marcar o seu tempo médio em segundos)?

	Nº de vezes	Tempo (segundos)
Morador 1	4	15
Morador 2	7	25
Empregado 1	12	10
Empregado 2	6	15
Empregado 3	4	30

Quantas vezes lava-se o rosto por dia e quanto tempo é utilizado em média (cada morador deve marcar o seu tempo médio em segundos)?

	Nº de vezes	Tempo (segundos)
Morador 1	1	30
Morador 2	3	45
Empregado 1	0	0
Empregado 2	1	5
Empregado 3	0	0

Registro de outras utilizações do lavatório do banheiro (favor anotar a finalidade para o uso do lavatório). Ex.: fazer a barba.

Para que foi utilizado	Quantidade (vezes/semana)	Tempo (segundos)
Barba	3	120
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	

11) Sobre o chuveiro:

Qual a quantidade de banhos por dia e qual a duração de cada banho por morador (anotar o tempo em minutos por dia)?

		Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Morador 1	**Nº Banhos**	2	2	2	2	2	2	2
	Duração	15	10	10	10	10	10	15
Morador 2	**Nº Banhos**	3	2	2	2	2	2	3
	Duração	25	20	20	20	20	20	30
Empregado 1	**Nº Banhos**	0	1	1	1	1	1	1
	Duração	0	8	8	8	8	8	8
Empregado 2	**Nº Banhos**	0	1	1	1	1	1	0
	Duração	0	5	5	5	5	5	0
Empregado 3	**Nº Banhos**	0	1	1	1	1	1	0
	Duração	0	5	5	5	5	5	0

Utiliza o chuveiro ou ducha higiênica para lavagem do banheiro?

(**x**) sim ( ) não

Se sim, qual a duração (segundos)?

	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Morador 1	0	0	0	0	0	0	0
Morador 2	0	0	0	0	0	0	0
Empregado 1	0	60	60	60	60	60	60
Empregado 2	0	0	0	0	0	0	0
Empregado 3	0	0	0	0	0	0	0

12)Sobre a máquina de lavar:

Quantas vezes a máquina de lavar é utilizada por semana?

	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Morador 1	0	0	0	0	0	0	0
Morador 2	0	0	0	0	0	0	0
Empregado 1	0	0	0	0	0	0	0
Empregado 2	0	01	0	0	01	0	0
Empregado 3	0	0	0	0	0	0	0

ANEXO III

Resultados de cálculos – Viabilidade Econômica

Resultados de cálculos – Viabilidade Econômica

- Dados de entrada:

Dados		Economia:		Despesas:	
Investimento R$	R$ 8.360,00	Vazão Estação m³/d:	0,6	Quant. Média de kWh/dia:	0,034
Dias do mês	30	Tarifa cobrada R$/m³	R$ 9,72	Tarifa energia (R$/kWh):	0,33882
Meses ano	12	Aumento água%:	1,0413	Gasto com HH/mês (R$):	R$ 13,03
Juros:	0,0725	-	-	Aumento Energ. anual%:	1,058
-	-	-	-	Aumento HH anual %:	1,05
-	-	-	-	Manut. Equip. (R$/mês)	R$ 48,00
-	-	-	-	Insumos (R$/mês)	R$ 45,00

- Faixas de Tarifa de água (CESAN):

Aumento tarifa de Água a.a				
	Faixa Inicial		Faixa Final	
Ano 1	R$	9,72	R$	9,09
Ano 2	R$	10,12	R$	9,47
Ano 3	R$	10,54	R$	9,86
Ano 4	R$	10,97	R$	10,26
Ano 5	R$	11,43	R$	10,69
Ano 6	R$	11,90	R$	11,13
Ano 7	R$	12,39	R$	11,59
Ano 8	R$	12,90	R$	12,07
Ano 9	R$	13,44	R$	12,57
Ano 10	R$	13,99	R$	13,08

- Aumento da tarifa e consumo de energia (ESCELSA):

	Aumento tarifa energia a.a		Aumento do gasto de Energia a.a	
Ano 1	R$	0,33882	R$	6,11
Ano 2	R$	0,35847	R$	6,46
Ano 3	R$	0,37926	R$	6,83
Ano 4	R$	0,40126	R$	7,23
Ano 5	R$	0,42453	R$	7,65
Ano 6	R$	0,44916	R$	8,09
Ano 7	R$	0,47521	R$	8,56
Ano 8	R$	0,50277	R$	9,06
Ano 9	R$	0,53193	R$	9,59
Ano 10	R$	0,56278	R$	10,14

- Denominador de juros e aumento no valor homem/hora:

	Denominador (juros)	Aumento Homem/Hora a.a	
Ano 1	1,0725	R$	156,36
Ano 2	1,15025625	R$	164,18
Ano 3	1,233649828	R$	172,39
Ano 4	1,323089441	R$	181,01
Ano 5	1,419013425	R$	190,06
Ano 6	1,521891898	R$	199,56
Ano 7	1,632229061	R$	209,54
Ano 8	1,750565668	R$	220,01
Ano 9	1,877481678927	R$	231,01
Ano 10	2,013599100649	R$	242,57

- Economia total mensal e anual:

	Economia total mensal		Economia total anual	
Ano 1	R$	191,34	R$	2.296,08
Ano 2	R$	199,24	R$	2.390,91
Ano 3	R$	207,47	R$	2.489,65
Ano 4	R$	216,04	R$	2.592,48
Ano 5	R$	224,96	R$	2.699,54
Ano 6	R$	234,25	R$	2.811,04
Ano 7	R$	243,93	R$	2.927,13
Ano 8	R$	254,00	R$	3.048,02
Ano 9	R$	264,49	R$	3.173,91
Ano 10	R$	275,42	R$	3.304,99

- Despesa total mensal e anual:

	Despesa total mensal		Despesa total anual	
Ano 1	R$	106,54	R$	1.278,47
Ano 2	R$	107,22	R$	1.286,64
Ano 3	R$	107,94	R$	1.295,22
Ano 4	R$	108,69	R$	1.304,24
Ano 5	R$	109,48	R$	1.313,71
Ano 6	R$	110,30	R$	1.323,65
Ano 7	R$	111,18	R$	1.334,10
Ano 8	R$	112,09	R$	1.345,07
Ano 9	R$	113,05	R$	1.356,60
Ano 10	R$	114,06	R$	1.368,71

- Fluxo de caixa anual:

Fluxo de caixa anual		
Investimento Inicial	-R$	8.360,00
Ano 1	R$	1.017,61
Ano 2	R$	1.104,27
Ano 3	R$	1.194,43
Ano 4	R$	1.288,24
Ano 5	R$	1.385,84
Ano 6	R$	1.487,38
Ano 7	R$	1.593,03
Ano 8	R$	1.702,95
Ano 9	R$	1.817,30
Ano 10	R$	1.936,28

- Fluxo de caixa anual acumulado:

Fluxo de caixa acumulado		
Ano 0	R$	-
Ano 1	R$	1.017,61
Ano 2	R$	2.121,88
Ano 3	R$	3.316,32
Ano 4	R$	4.604,55
Ano 5	R$	5.990,39
Ano 6	R$	7.477,77
Ano 7	R$	9.070,80
Ano 8	R$	10.773,75
Ano 9	R$	12.591,05
Ano 10	R$	14.527,33

- Fluxo de caixa reajustado com o denominador de juros:

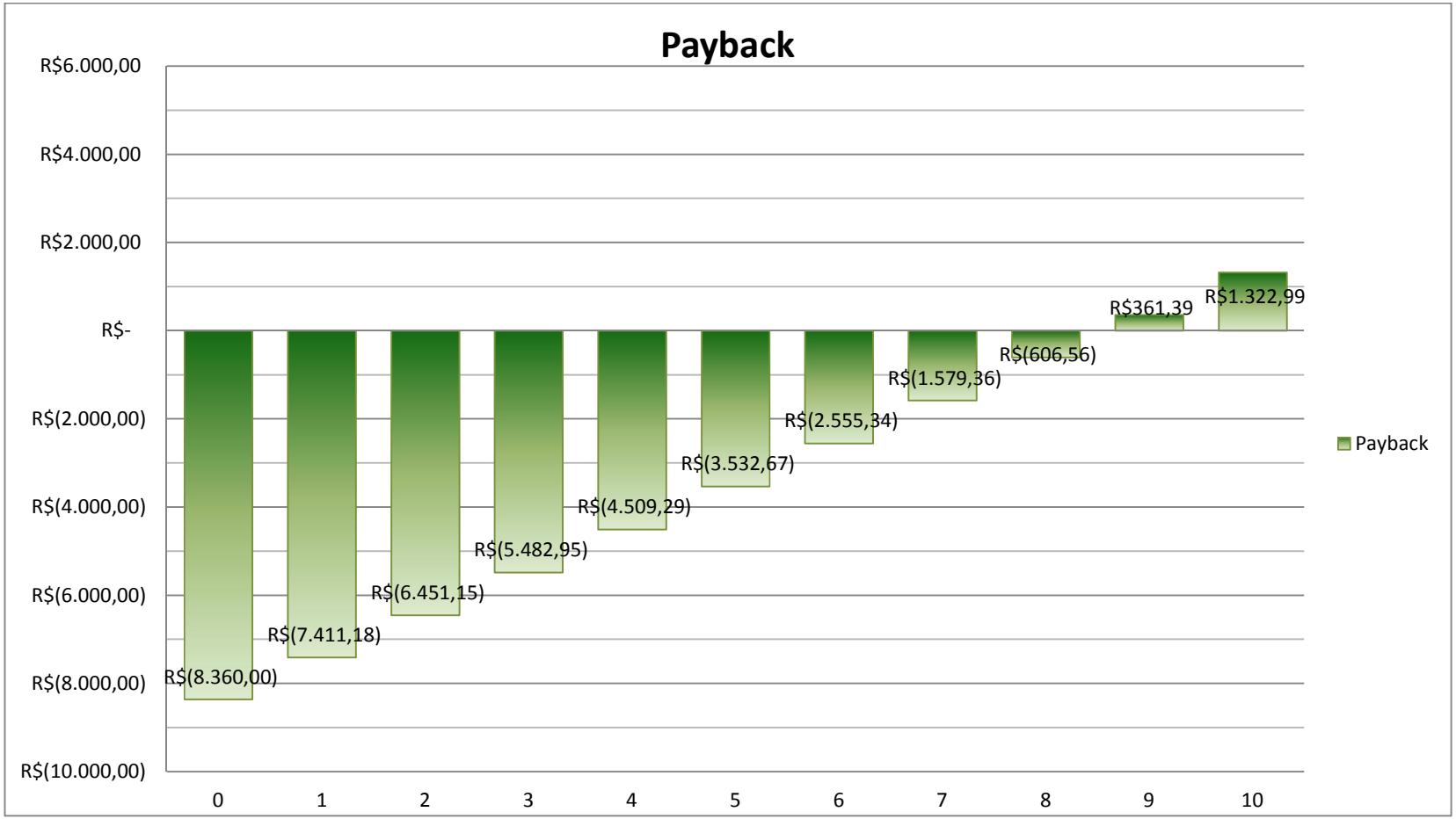
Fluxo de caixa reajustado		
Ano 1	R$	948,82
Ano 2	R$	960,02
Ano 3	R$	968,21
Ano 4	R$	973,66
Ano 5	R$	976,62
Ano 6	R$	977,32
Ano 7	R$	975,98
Ano 8	R$	972,80
Ano 9	R$	967,95
Ano 10	R$	961,60

- Payback descontado:

	Payback Descontado	
Ano 0	-R$	8.360,00
Ano 1	-R$	7.411,18
Ano 2	-R$	6.451,15
Ano 3	-R$	5.482,95
Ano 4	-R$	4.509,29
Ano 5	-R$	3.532,67
Ano 6	-R$	2.555,34
Ano 7	-R$	1.579,36
Ano 8	-R$	606,56
Ano 9	R$	361,39
Ano 10	R$	1.322,99

- Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR):

VPL	R$	1.322,99
TIR		10,21%


Payback
R$6.000,00
R$4.000,00
R$2.000,00
R$-
R$(2.000,00)
R$(4.000,00)
R$(6.000,00)
R$(8.000,00)
R$(10.000,00)
R$(8.360,00)
R$(7.411,18)
R$(6.451,15)
R$(5.482,95)
R$(4.509,29)
R$(3.532,67)
R$(2.555,34)
R$(1.579,36)
R$(606,56)
R$361,39
R$1.322,99
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
Payback

ANEXO IV

Especificação Técnica da Bomba BC-98

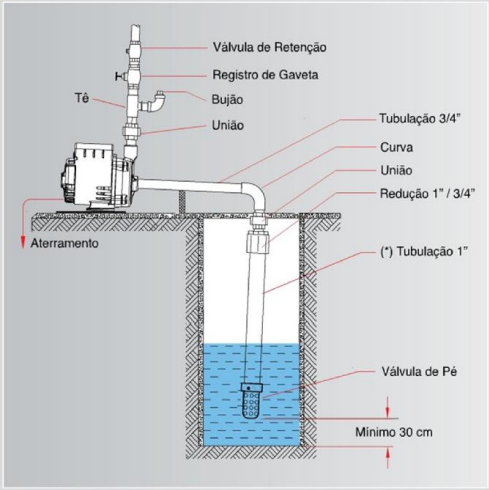
Motobombas Centrífugas Monoestágio

Rotor fechado

Aplicações Gerais:

Residências, fontes e cascatas, chácaras.

A primeira motobomba centrífuga do Brasil a receber o selo PROCEL.
(Menor consumo de energia)



(*) Para altura de sucção entre 6 a 8 m, recomendamos utilizar tubulação de 1" até a união e inclinar levemente a motobomba para frente.

MODELO	Potência (cv)	Monofásico	Ø Sucção (pol)	Ø Recalque (pol)	Pressão máxima sem vazão (m c.a.)	Altura máxima de sucção (m c.a.) (**)	ø Rotor (mm)	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS - Rotação corrigida para 3500 rpm																	
								Altura Manométrica Total (m c.a.)																	
								2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
								Vazão em m³/h válida para sucção de 0 m c.a.																	
BC-98	1/3	x	3/4	3/4	18	8	107	4,5	4,3	4,2	4,1	3,9	3,7	3,6	3,4	3,2	3,0	2,8	2,5	2,3	2,0	1,6	1,2		
	1/2	x	3/4	3/4	20	8	107	5,5	5,4	5,2	5,1	4,9	4,7	4,5	4,3	4,1	3,9	3,7	3,5	3,2	2,9	2,6	2,3	1,8	1,1

(**) Verifique a necessidade de ampliar o diâmetro da tubulação de acordo com a altura manométrica total na sucção. Quando necessário, sugerimos utilizar tubulação de 1", desde a válvula de pé até a curva (tubulação na vertical), no restante (tubulação na horizontal), sugerimos seguir com tubo de 3/4".

Motor WEG IP-21 com flange incorporada, proteção térmica e capacitor permanente, 2 polos, 60 Hz

Rotor fechado de Noryl®, com 30% de fibra de vidro (maior resistência).
Temperatura máxima do líquido bombeado: 55 °C.
Equipamento desenvolvido para uso exclusivamente residencial.

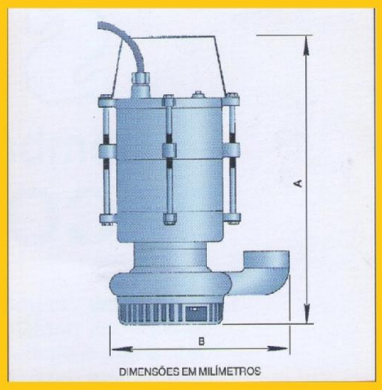
ANEXO V

Especificação Técnica da Bomba SPV Beco 10

S·P·V

SPV Hidrotécnica Brasileira Ltda.

Bombas Submersíveis BECO-05/10/ 20/30



APLICAÇÃO

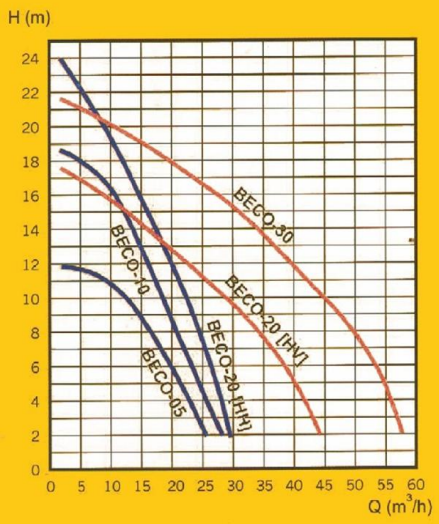
- Construção civil.
- Drenagem de águas servidas, sujas e pluviais em indústrias, hospitais, hotéis e residências.
- Bombeamento de águas em valas, porões, poços, de inspeção, garagens, subterrâneas, galerias pluviais e dutos de cabos telefônicos.
- Rebaixamento de lençol freático.
- Defesa contra enchentes.

FUNCIONAMENTO

- A segurança de funcionamento das bombas SPV, da linha BECO, é total e não requer cuidados maiores de instalação. Pelas suas próprias dimensões ocupam espaços reduzidos, facilitando a execução de qualquer projeto.

AUTOMATISMO

- As bombas da linha BECO, poderão ser automatizadas com o uso de reguladores de nível SPV, modelo RN-770.



Dimensões		
MODELOS	A [mm]	B [mm]
BECO-05 / 10 20[HH]	450	270
BECO-20[HV] / 30	505	320

Materiais	
Carcaça do motor	Ferro Fundido
Caracol	
Placa de desgaste	
Impulsor (rotor)	
Selo Mecânico	Cerâmica / Carvão
Eixo	Aço Inoxidável
Cabo elétrico	PVC

Especificações Técnicas

Modelo	BECO	05	10	20 [HH]	20 [HV]	30
Peso da Bomba	Kg	26,0	27,3	27,3	37,0	36,5
Potência do motor	CV	0,5	1,0	2,0	2,0	3,0
Rotações do motor	rpm	3.450	3.420	3.440	3.440	3.230
Recalque	BSPØ	2"	2"	2"	3"	3"
Diâmetro do impulsor	mm	96	111	120	11	121
Amperagem (In)	A	3,6/2,08	4,5/2,61	7,4/4,28	7,4/4,28	9,9/5,7
Amperagem (SFA)	A	5,76/3,33	6,2/3,58	8,9/5,2	8,9/5,2	12,0/6,9
Voltagem - Trifásico	V	220/380				
Ciclagem	Hz	60				
Comprimento do Cabo	m	Aproximadamente 4 m				

Tabela de Recalque

Modelo		BECO 05	BECO 10	BECO 20[HH]	BECO 20[HV]	BECO 30
mCA	Q	m3/h	m3/h	m3/h	m3/h	m3/h
Altura Manométrica	2	25,5	27,9	29,4	44,1	57,3
	4	22,8	25,6	28,2	41,9	55,8
	6	19,9	23,3	26,4	38,2	53,5
	8	16,9	20,9	24,5	33,6	49,6
	10	12,6	18,6	22,4	28,4	45,0
	12	0,0	16,2	20,0	22,7	39,8
	14		13,8	17,6	16,1	34,0
	16		10,7	14,9	8,7	27,4
	18		5,0	12,0	0,0	19,8
	19		0,0	10,4		15,5
	20			8,8		10,8
	22			5,5		0,0
	24			1,9		
	25			0,0		

S·P·V

SPV Hidrotécnica Brasileira Ltda.
Vendas: R. Estela, 515 | Bl. D | conj. 141 | Ibirapuera Central Park
São Paulo | SP | CEP 04011-002 | Tel./Fax: 11 5572-1511
Fábrica e Assist. Técnica: R. José Rafaeli, 379 (Socorro) |
São Paulo | SP | CEP 04763-280 | Tel. 11 5521-7667 | Fax 11 5548-8728
vendas@spvbomba.com.br

- **Informações Técnicas de grande utilidade procure em Assistencia Técnica.**

ANEXO VI

Tabela Tarifária da ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

Acesso à Informação BRASIL

ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Conheça as Tarifas da Classe de Consumo Residencial de uma Concessionária

Concessionária de Distribuição: - **Ano:** - **Classe de Consumo:** Residencial OK

Os valores abaixo se referem às tarifas homologadas pela ANEEL, expressas na unidade R$/kWh (reais por quilowatt-hora) e não contemplam tributos e outros elementos que fazem parte de sua conta de luz, tais como: ICMS, Taxa de Iluminação Pública e Encargo de Capacidade Emergencial, cuja cobrança foi encerrada em 22 de dezembro de 2005. Para as tarifas homologadas a partir de 1.º de Julho de 2005, os valores relativos à cobrança dos tributos PIS/PASEP e COFINS passaram a ser considerados também em destaque na conta de luz. Veja maiores detalhes ao final da página (*)

Veja abaixo as Tarifas Residenciais Vigentes

Clique nas setas (↑ ↓) para ordenação.

Sigla	Concessionária	B1 - Residencial (R$/kWh)	Vigência
AES-SUL	AES SUL Distribuidora Gaúcha de Energia S/A.	0,33793	19/04/2014 **até** 18/04/2015
AmE	Amazonas Distribuidora de Energia S/A	0,27685	01/11/2013 **até** 31/10/2014
			15/03/2014

AMPLA	Ampla Energia e Serviços S/A	0,38931	**até** 14/03/2015
BANDEIRANTE	Bandeirante Energia S/A.	0,30494	23/10/2013 **até** 22/10/2014
Boa Vista	Boa Vista Energia S/A	0,24758	01/11/2013 **até** 31/10/2014
CAIUÁ-D	Caiuá Distribuição de Energia S/A	0,33804	10/05/2014 **até** 09/05/2015
CEA	Companhia de Eletricidade do Amapá	0,19729	24/01/2013 **até** 29/11/2014
CEAL	Companhia Energética de Alagoas	0,30674	28/08/2013 **até** 27/08/2014
CEB-DIS	CEB Distribuição S/A	0,25647	26/08/2013 **até** 25/08/2014
CEEE-D	Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica	0,31257	25/10/2013 **até** 24/10/2014
CELESC-DIS	Celesc Distribuição S.A.	0,28868	07/08/2013 **até** 06/08/2014
CELG-D	Celg Distribuição S.A.	0,29350	12/09/2013 **até** 11/09/2014
CELPE	Companhia Energética de Pernambuco	0,35058	29/04/2014 **até** 28/04/2015
CELTINS	Companhia de Energia Elétrica do Estado do Tocantins	0,42080	04/07/2014 **até** 03/07/2015
CEMIG-D	CEMIG Distribuição S/A	0,39642	08/04/2014 **até** 07/04/2015
CEPISA	Companhia Energética do Piauí	0,32573	28/08/2013 **até** 27/08/2014
CERON	Centrais Elétricas de Rondônia S/A.	0,39194	30/11/2013 **até** 29/11/2014
CERR	Companhia Energética de Roraima	0,22890	01/11/2013 **até** 31/10/2014
CFLO	Companhia Força e Luz do Oeste	0,38018	29/06/2014 **até** 28/06/2015

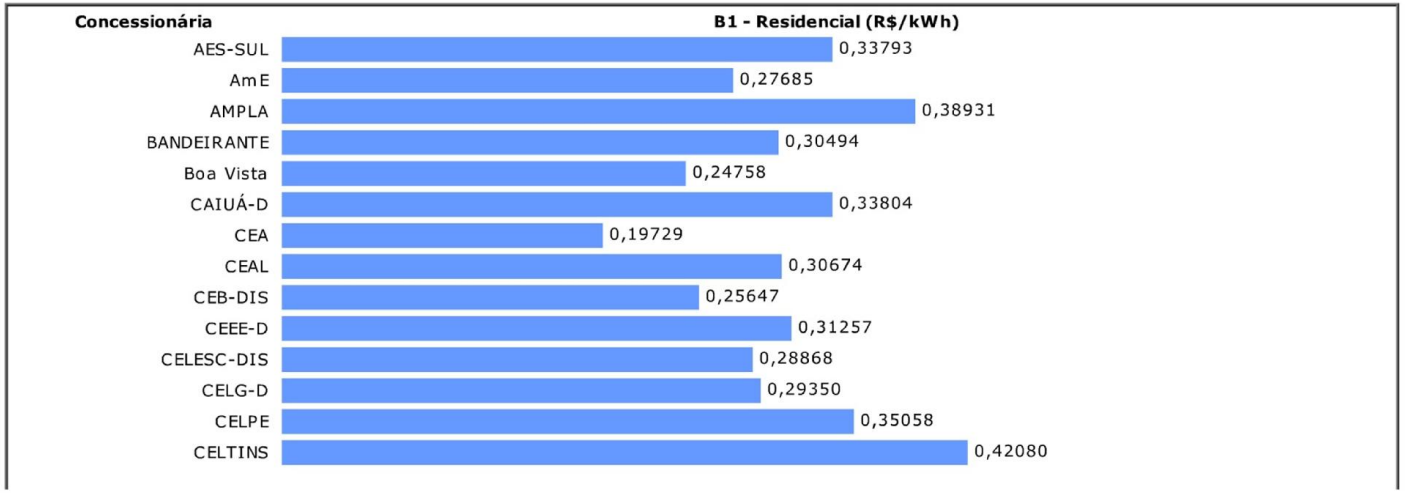
CHESP	Companhia Hidroelétrica São Patrício	0,37709	12/09/2013 **até** 11/09/2014
CNEE	Companhia Nacional de Energia Elétrica	0,32886	10/05/2014 **até** 09/05/2015
COCEL	Companhia Campolarguense de Energia	0,34574	24/06/2014 **até** 23/07/2015
COELBA	Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia	0,33634	22/04/2014 **até** 21/04/2015
COELCE	Companhia Energética do Ceará	0,35922	22/04/2014 **até** 21/04/2015
COOPERALIANÇA	Cooperativa Aliança	0,34867	14/08/2013 **até** 13/08/2014
COPEL-DIS	Copel Distribuição S/A	0,32637	24/06/2014 **até** 23/06/2015
COSERN	Companhia Energética do Rio Grande do Norte	0,34250	22/04/2014 **até** 21/04/2015
CPFL Jaguari	Companhia Jaguari de Energia	0,23838	03/02/2014 **até** 02/02/2015
CPFL Leste Paulista	Companhia Leste Paulista de Energia	0,29037	03/02/2014 **até** 02/02/2015
CPFL Mococa	Companhia Luz e Força de Mococa	0,32762	03/02/2014 **até** 02/02/2015
CPFL Santa Cruz	Companhia Luz e Força Santa Cruz	0,34007	03/02/2014 **até** 02/02/2015
CPFL Sul Paulista	Companhia Sul Paulista de Energia	0,30272	03/02/2014 **até** 02/02/2015
CPFL-Piratininga	Companhia Piratininga de Força e Luz	0,27824	23/10/2013 **até** 22/10/2014
CPFL-Paulista	Companhia Paulista de Força e Luz	0,31686	08/04/2014 **até** 07/04/2015
DEMEI	Departamento Municipal de Energia de Ijuí	0,38604	29/06/2014 **até** 28/06/2015
DMED	DME Distribuição S.A	0,30169	28/10/2013 **até**

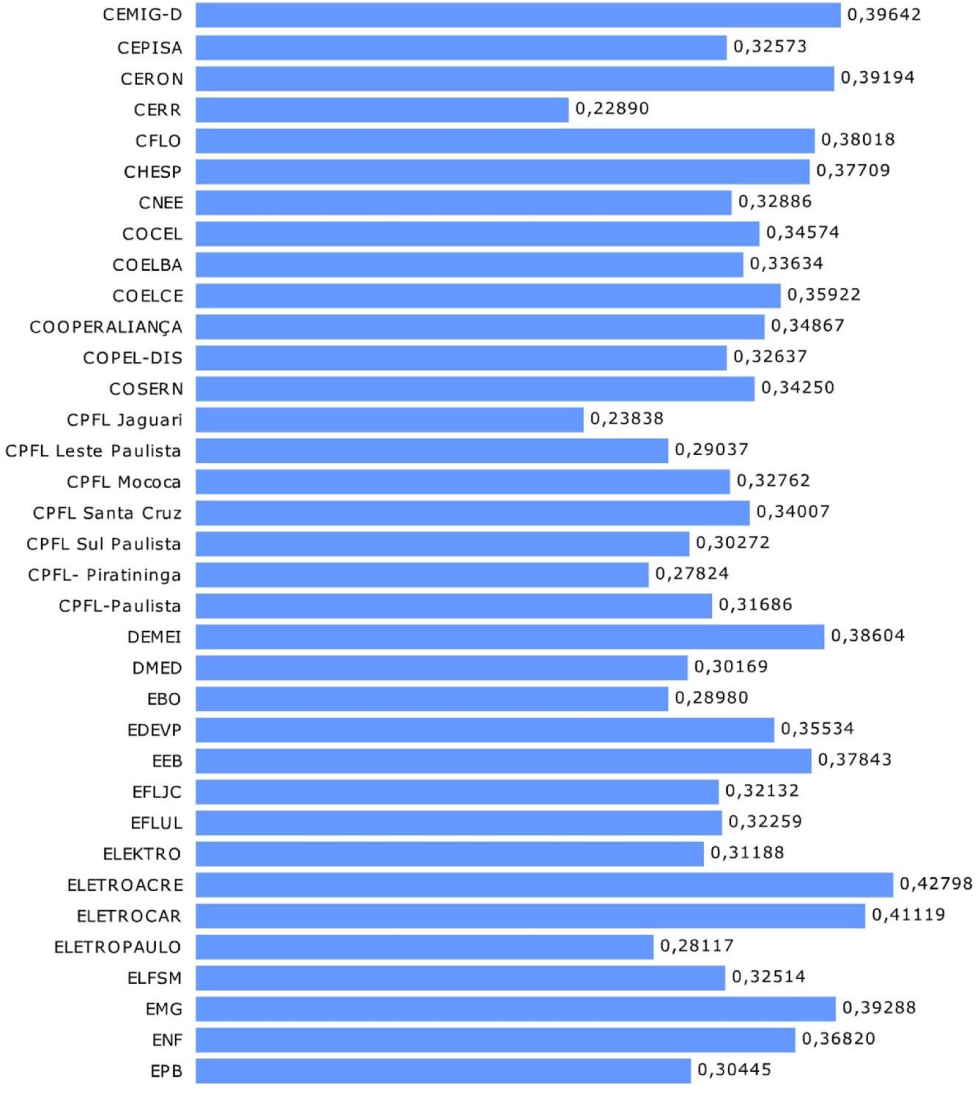
			27/10/2014
EBO	Energisa Borborema ? Distribuidora de Energia S.A.	0,28980	04/02/2014 **até** 03/04/2015
EDEVP	Empresa de Distribuição de Energia Vale Paranapanema S/A	0,35534	10/05/2014 **até** 09/05/2015
EEB	Empresa Elétrica Bragantina S/A.	0,37843	10/05/2014 **até** 09/05/2015
EFLJC	Empresa Força e Luz João Cesa Ltda	0,32132	14/08/2013 **até** 13/08/2014
EFLUL	Empresa Força e Luz Urussanga Ltda	0,32259	14/08/2013 **até** 13/08/2014
ELEKTRO	Elektro Eletricidade e Serviços S/A.	0,31188	27/08/2013 **até** 26/08/2014
ELETROACRE	Companhia de Eletricidade do Acre	0,42798	30/11/2013 **até** 29/11/2014
ELETROCAR	Centrais Elétricas de Carazinho S/A.	0,41119	29/06/2014 **até** 28/06/2015
ELETROPAULO	Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S/A	0,28117	04/07/2014 **até** 03/07/2015
ELFSM	Empresa Luz e Força Santa Maria S/A.	0,32514	15/08/2013 **até** 14/08/2014
EMG	Energisa Minas Gerais - Distribuidora de Energia S.A.	0,39288	18/06/2014 **até** 17/06/2015
ENF	Energisa Nova Friburgo - Distribuidora de Energia S.A.	0,36820	18/06/2014 **até** 17/06/2015
EPB	Energisa Paraíba - Distribuidora de Energia	0,30445	28/08/2013 **até** 27/08/2014
ESCELSA	Espírito Santo Centrais Elétricas S/A.	0,29884	07/08/2013 **até** 06/08/2014
ESE	Energisa Sergipe - Distribuidora de Energia S.A.	0,34479	22/04/2014 **até** 21/04/2015
FORCEL	Força e Luz Coronel Vivida Ltda	0,29410	27/08/2013 **até** 26/08/2014
			29/06/2014

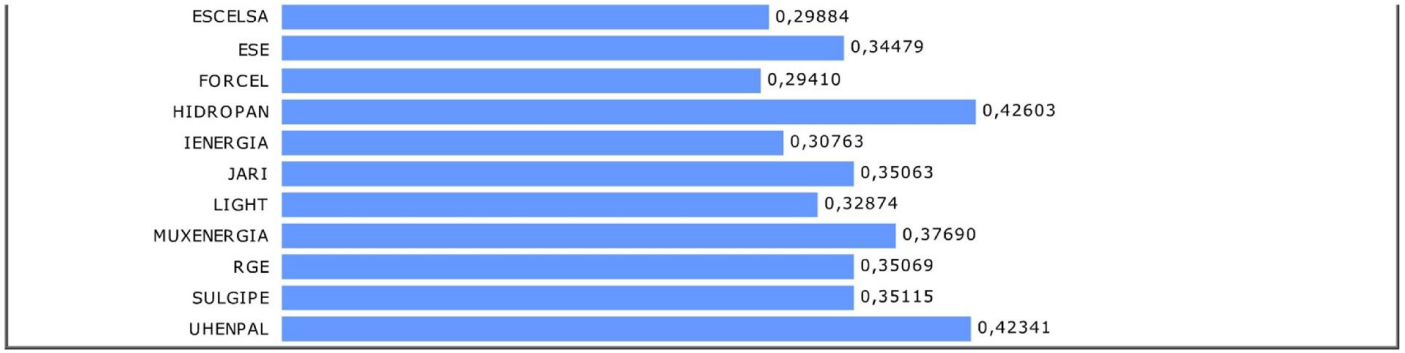
HIDROPAN	Hidroelétrica Panambi S/A.	0,42603	**até** 28/06/2015
IENERGIA	Iguaçu Distribuidora de Energia Elétrica Ltda	0,30763	07/08/2013 **até** 06/08/2014
JARI	Jari Celulose, Papel e Embalagens S.A.	0,35063	07/08/2013 **até** 06/08/2014
LIGHT	Light Serviços de Eletricidade S/A.	0,32874	07/11/2013 **até** 06/11/2014
MUXENERGIA	Muxfeldt Marin & Cia. Ltda	0,37690	29/06/2014 **até** 28/06/2015
RGE	Rio Grande Energia S/A.	0,35069	19/06/2014 **até** 18/06/2015
SULGIPE	Companhia Sul Sergipana de Eletricidade	0,35115	14/12/2013 **até** 13/12/2014
UHENPAL	Usina Hidroelétrica Nova Palma Ltda.	0,42341	19/04/2014 **até** 18/04/2015

*** Tarifas com vigência válida em 05/08/2014**

Caro Cliente. Não existem dados disponíveis para esta aplicação relativos a esta data (05/08/2014).
Favor consultar a **Biblioteca Virtual** para obter as tarifas deste período.




CEMIG-D 0,39642
CEPISA 0,32573
CERON 0,39194
CERR 0,22890
CFLO 0,38018
CHESP 0,37709
CNEE 0,32886
COCEL 0,34574
COELBA 0,33634
COELCE 0,35922
COOPERALIANÇA 0,34867
COPEL-DIS 0,32637
COSERN 0,34250
CPFL Jaguari 0,23838
CPFL Leste Paulista 0,29037
CPFL Mococa 0,32762
CPFL Santa Cruz 0,34007
CPFL Sul Paulista 0,30272
CPFL- Piratininga 0,27824
CPFL-Paulista 0,31686
DEMEI 0,38604
DMED 0,30169
EBO 0,28980
EDEVP 0,35534
EEB 0,37843
EFLJC 0,32132
EFLUL 0,32259
ELEKTRO 0,31188
ELETROACRE 0,42798
ELETROCAR 0,41119
ELETROPAULO 0,28117
ELFSM 0,32514
EMG 0,39288
ENF 0,36820
EPB 0,30445



(*)
Os valores obtidos nas consultas são referentes às tarifas homologadas pela ANEEL, com suas respectivas datas de vigência, relativas a cada concessionária.

Com relação aos tributos e outros elementos que integram a sua conta de luz, devem ser observados:

1. **ICMS** (Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) – Tributo de competência estadual, com alíquotas que variam de estado para estado e que não integram o valor informado da tarifa.

2. **PIS/PASEP** (Programa de Integração Social / Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público) e **COFINS** (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social) – Tributos cobrados pelo Governo Federal sobre a receita bruta das empresas, incluídos nos valores das tarifas homologadas até 30 de junho de 2005. A partir de 1º de julho de 2005, as tarifas homologadas pela ANEEL não incluem os valores desses tributos, que passam a ser considerados em destaque na conta de luz, de forma semelhante ao ICMS.

3. **Contribuição Social de Iluminação Pública - COSIP / CIP -** É uma contribuição amparada no art. 149-A da Constituição Federal, que criou a possibilidade de instituição de uma contribuição para custeio do serviço de iluminação pública de responsabilidade dos Municípios e do Distrito Federal.

4. **Encargo de Capacidade Emergencial (ECE)** – Encargo instituído pela Lei **10.438/02** com o objetivo de evitar eventual risco de desabastecimento de energia, destinado a cobrir o custo de contratação de usinas termelétricas emergenciais instaladas no País, pago por todos os consumidores do Sistema Interligado Nacional, com exceção dos classificados como baixa renda. Sua cobrança foi iniciada em fevereiro de 2002 e encerrada em 22 de dezembro de 2005, conforme estabelecido pela Resolução Normativa ANEEL Nº 204. Seu valor era informado em destaque na conta de luz.

Imprimir Indique para um amigo