

DANILO KATAOKA

Análise da viabilidade de implantação de medidas de redução e reuso de água:
Estudo de caso da construção de um edifício residencial

Danilo Kataoka

Análise da viabilidade de implantação de medidas de redução e reuso de água:
Estudo de caso da construção de um edifício residencial

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientador (a): Professora Dra. Márcia Regina de Freitas

Guaratinguetá - SP
2017

K19a

Kataoka, Danilo

Análise da viabilidade de implantação de medidas de redução e reuso de água: estudo de caso da construção de um edifício residencial / Danilo Kataoka – Guaratinguetá, 2017.

116 f. : il.

Bibliografia : f. 105-111

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2017.

Orientador: Profª. Drª. Márcia Regina de Freitas

1. Águas pluviais. 2. Eficiência do uso da água. 3. Águas cinzentas (Resíduos de águas domésticas). 4. Edificações. I. Título

CDU 628.111



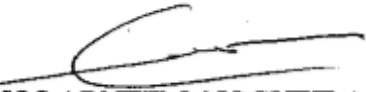
Luciana Máximo

Bibliotecária/CRB 8-3595

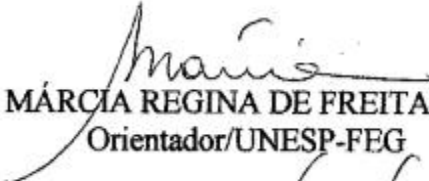
DANILO KATAOKA

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL”

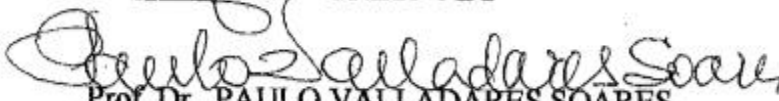
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL


Prof. Dr. ENOS ARNEIRO NOGUEIRA DA SILVA
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Profa. Dra. MÁRCIA REGINA DE FREITAS
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. JOÃO UBIRATAN DE LIMA SILVA
UNESP-FEG


Prof. Dr. PAULO VALLADARES SOARES
UNESP-FEG

DADOS CURRICULARES

DANILO KATAOKA

NASCIMENTO	28.10.1993 – Ribeirão Pires / SP
FILIAÇÃO	Yukishigue Kataoka Elisabete Kaori Fukui Kataoka
2013/2017	Curso de Graduação em Engenharia Civil Universidade Estadual Paulista – “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Guaratinguetá.

Este trabalho é dedicado à minha família em especial e a todos que sempre estiveram comigo, dando o seu suporte, acreditando e possibilitando que meus objetivos fossem atingidos.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, sou eternamente grato a Deus que me concedeu a melhor família, familiares e amigos que alguém poderia ter. Agradeço de verdade,

ao meu pai *Yukishigue*, amigo, admirado por todos, respeitado engenheiro civil de Ribeirão Pires e que tenho como maior exemplo;

à minha mãe *Elisabete*, amiga, atenciosa, conselheira, uma pessoa que sempre transmite amor, segurança e energias boas;

ao meu irmão *Felipe*, futuro grande médico veterinário, parceiro, que trata bem as pessoas e os animais, sempre contagiando o ambiente com suas histórias e risadas;

à família da *República Labiryntho*, por estes 5 anos de crescimento, ensinamentos, irmandade, estando ao meu lado em todos os momentos, desde os mais complicados até os mais divertidos, das festas e jogos até as madrugadas estudando. Aos moradores deste meu último ano que me acompanharam ao longo do Trabalho de Graduação, deixo a minha gratidão pelo apoio e amizade: *Calói, Tite, Faísca, Toddy, Bing, Dustin, Mamilos, Madruga e Jay*;

aos amigos e amigas que estiveram juntos comigo durante os anos de graduação, em especial: *Ziriga, Mineiro, Walker, Jaiminho e Camboja*;

à amiga, veterana e engenheira civil *Daiana Rosa*, que gentilmente me forneceu informações e projetos para possibilitar a realização do trabalho;

aos melhores familiares que alguém poderia ter, sempre acompanhando e torcendo por mim: *Bruno, Danielle, Fernando, Kazuko, Maki, Márcio, Massao, Mareo, Natasha, Paulo, Paulo V., Sakuko, Taka, Takayuki e Tsuyoshi*;

à minha orientadora, *Professora Doutora Márcia Regina de Freitas*, pelo apoio incondicional desde os primeiros anos de faculdade, possibilitando minha participação em pesquisas ao longo da graduação e a realização do presente trabalho;

à *Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá*, em especial ao *Departamento de Engenharia Civil*, aos meus *colegas de graduação*, ao *CAEC* e ao *FEGVest*, por fazerem destes 5 anos, os mais gratificantes e engrandecedores da minha vida.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.

Madre Teresa de Calcuta

RESUMO

O crescente desequilíbrio entre oferta e demanda dos recursos hídricos tem gerado uma preocupação crescente na população, de maneira a incentivar estudos a respeito de aplicações de medidas que auxiliem a gestão dos mesmos, de forma a garantir água para as gerações futuras. O presente trabalho apresenta um estudo para o aproveitamento da água de chuva, reuso de águas cinzas e aplicação de dispositivos economizadores de água em um edifício de apartamentos, no município de Mauá (SP). A água captada será destinada ao uso não potável, como descargas em vasos sanitários, limpezas de pisos e regas de jardins. Para o estudo, primeiramente realizou-se uma revisão bibliográfica do assunto de maneira a integrar informações a respeito do uso, desperdício e necessidade da conservação de água na construção civil, tanto ao longo do período de obras como também, e principalmente, ao longo da vida útil das edificações. Realizada a pesquisa, foram levantadas características do edifício estudado e parâmetros para estimativas de gastos e consumos relativos ao uso de água. Em seguida, deu-se início à proposta de uso racional de água no prédio, com implantação de um sistema de reuso de águas cinzas, sistema de captação de águas pluviais e de dispositivos redutores de água. Através de estimativas da economia de água gerada e orçamentos preliminares para a implantação das medidas propostas, calculou-se o período de retorno do investimento. Para a edificação estudada, os dispositivos redutores proporcionaram uma economia significativa e apresentaram um período de retorno mais rápido em relação ao sistema de reuso de águas cinzas. Apesar do reuso proporcionar menor demanda de água potável na edificação, o investimento necessário para a sua implantação é alto. Além disso, aplicando-se apenas dispositivos redutores, estimou-se que o consumo interno por apartamento, em média, estaria dentro da faixa de tarifas mínimas mensais de água cobrados pela rede de abastecimento. O uso de águas pluviais se mostrou útil, porém é suficiente apenas para demandas externas e possui um período de retorno considerável.

PALAVRAS-CHAVE: Água. Conservação. Edificação. Redução. Reuso. Custo.

ABSTRACT

The increasing imbalance between supply and demand of water resources has generated a growing concern in the population, in order to encourage studies on the applications of measures that help their management, in order to guarantee water for future generations. The present work presents a study for the use of rainwater, water reuse and applications of water devices in an apartment building, in the municipality of Mauá (SP). The water abstracted will be used for non-potable use, such as discharges in toilets, floor cleaning and garden watering. For the study, improvement and need for water conservation in the construction industry, both during the construction period and also, and especially, throughout the useful life of the buildings. The research was carried out, characteristics of the studied building and parameters for spending of expenditures and consumption related to the use of water. Afterwards, the proposal for the rational use of water without building is started, with the implementation of a water reaction system, rainwater harvesting system and water reduction devices. Through estimates of the water savings generated and preliminary budgets for the implementation of the proposed measures, the period of return on investment was calculated. For a studied building, the reducing devices provide significant savings and have a faster return period than the greywater reuse system. Although the reuse provides less demand for drinking water in the building, the investment required for its implementation is high. In addition, by applying only reducing devices, it is estimated that average internal consumption per apartment would be within the range of minimum monthly water tariffs charged by the supply network. Rainwater use has proven to be useful, but it is quite useful for external demands and has a considerable payback period.

KEYWORDS: Water. Conservation. Edification. Reduction. Reuse. Cost.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Distribuição dos recursos hídricos no mundo	21
Figura 2 – Distribuição dos recursos hídricos e da população no Brasil.....	22
Figura 3 – Consumo de água em Regiões Metropolitanas de São Paulo	24
Figura 4 – Distribuição do consumo de água em uma residência no Brasil.....	25
Figura 5 – Conservação de águas nos edifícios	27
Figura 6 – Esquema de medição setorizada associada à telemedição	34
Figura 7 – Exemplo de sistema de captação de águas pluviais	46
Figura 8 – Sistema de aproveitamento de água pluvial	47
Figura 9 – Esquema de dispositivo de descarte das primeiras águas	50
Figura 10 – Elementos de um sistema de reuso de água cinza	59
Figura 11 – Esquema representativo da coleta de águas cinzas em sistemas prediais ...	60
Figura 12 – Ilustração da edificação	82
Figura 13 – Pavimento tipo do edifício	85
Figura 14 – Área de captação pluvial	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre área territorial, disponibilidade hídrica e população	22
Tabela 2 – Consumo de água por aparelho hidráulico	25
Tabela 3 – Exemplos de redução no consumo de água com aplicação do PURA	29
Tabela 4 – Comparação entre aparelhos convencionais e alternativos	31
Tabela 5 – Volumes estimados perdidos em vazamentos	32
Tabela 6 – Classificação e reuso previstos	39
Tabela 7 – Parâmetros básicos para água de reuso Classe 1	40
Tabela 8 – Parâmetros básicos para água de reuso Classe 2	41
Tabela 9 – Parâmetros básicos para água de reuso Classe 3	41
Tabela 10 – Variáveis recomendados para o uso de água em torres de resfriamento	42
Tabela 11 – Comparação de parâmetros de qualidade referentes à água de reuso pela NBR 13969 (ABNT, 1997) e ANA <i>et al.</i> (2005)	43
Tabela 12 – Faixa do coeficiente de <i>Runnoff</i> para cada tipo de material	48
Tabela 13 – Comparação das concentrações das águas pluviais atmosféricas em diferentes pesquisas	51
Tabela 14 – Parâmetros de qualidade de águas pluviais para usos restritivos não-potáveis.....	53
Tabela 15 – Caracterização de águas cinzas brutas (concentrações médias de parâmetros físico-químicos), segundo pesquisas em diferentes locais do mundo	57
Tabela 16 – Classificação e parâmetros de qualidade para reuso de água cinza.....	58
Tabela 17 – Limites de qualidade estabelecidos para reuso em descargas de vasos sanitários.....	60
Tabela 18 – Eficiências dos métodos de tratamento da água cinza.....	64
Tabela 19 – Estimativas de consumo conforme a NBR 13969 (ABNT, 1997).....	72
Tabela 20 – Vazão por unidade hidráulico-sanitária	72
Tabela 21 – Demanda externa de água não potável	77
Tabela 22 – Faixas de consumo adotadas pela Sabesp em 2017.....	79
Tabela 23 – Áreas da edificação.....	83
Tabela 24 – Aparelhos que demandam água no apartamento de tipo A	84
Tabela 25 – Aparelhos que demandam água no apartamento de tipo B.....	84
Tabela 26 – Estimativa de moradores no edifício	86
Tabela 27 – Estimativas de consumo conforme a NBR 13969 (ABNT, 1997).....	86

Tabela 28 – Vazões diárias por unidade hidráulica	86
Tabela 29 – Economia proporcionada por uso de dispositivos redutores	87
Tabela 30 – Comparação de vazões diárias com uso de dispositivos economizadores .	87
Tabela 31 – Custos para aquisição de dispositivos economizadores.....	88
Tabela 32 – Volume de vazão estimada com aplicação de reuso de águas cinzas.....	89
Tabela 33 – Vazões diárias estimadas	89
Tabela 34 – Custos de implantação do sistema de reuso de águas cinzas.....	91
Tabela 35 – Índice pluviométrico médio do município de Mauá (SP).....	92
Tabela 36 – Estimativa da demanda externa para pavimentos térreo e subterrâneo	93
Tabela 37 – Análise de simulação do reservatório de águas pluviais para usos externos	94
Tabela 38 – Análise de simulação do reservatório de águas pluviais para uso interno em descargas de vasos sanitários.....	95
Tabela 39 – Orçamento para a implantação dos componentes do sistema de água pluvial	96
Tabela 40 – Tarifa mensal de água e esgoto estimada para cada apartamento	97
Tabela 41 – Tarifa mensal de água e esgoto estimada para cada apartamento com aplicação de dispositivos economizadores	97
Tabela 42 – Tarifa mensal de água e esgoto estimada para cada apartamento com reuso de águas cinzas	98
Tabela 43 – Volume de vazão diária estimada no edifício com aplicação de dispositivos economizadores e reuso de águas cinzas	98
Tabela 44 – Tarifa mensal de água e esgoto estimada para cada apartamento com aplicação de dispositivos economizadores e reuso de águas cinzas	99
Tabela 45 – Custo mensal de água e esgoto estimada para atividades de lavagem e regas	99
Tabela 46 – Comparação entre investimento e período de retorno	100

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Defeitos/ Falhas dos aparelhos sanitários e intervenções necessárias	33
Quadro 2 – Legislações brasileiras que regulamentam fontes alternativas	44
Quadro 3 – Componentes básicos de um sistema predial de uso de água pluvial.....	45
Quadro 4 – Variações da qualidade da água de chuva devido ao sistema de coleta	48
Quadro 5 – Tratamento de água exigido conforme o uso da água pluvial	52
Quadro 6 – Frequência de manutenções recomendadas pela norma	53
Quadro 7 – Código de cores dos efluentes	55
Quadro 8 – Tecnologias para o tratamento de águas cinza em diferentes locais do mundo	63
Quadro 9 – Parâmetros de fontes alternativas, avaliados pelos métodos de indicadores sustentáveis em edificações	67
Quadro 10 – Atividades no canteiro de obras que envolvem água	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional das Águas
ANVISA	Agência de Vigilância Sanitária
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DMAE	Departamento Municipal de Água e Esgoto
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
ETAC	Estação de Tratamento de Águas Cinzas
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FBAS	Filtro Biológico Aerado Submerso
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEC	Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MEC	Ministério da Educação
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
OD	Oxigênio Dissolvido
PCA	Programa de Conservação de Água
PBQP-H	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade da Habitação
PROSAB	Programa de Saneamento Básico
PURA	Programa de Uso Racional de Água
RAC	Reator Anaeróbio Compartimentado
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro Empresas
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil
RAC	Reator Anaeróbio Compartimentado
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SST	Sólidos Suspensos Totais
ST	Sólidos Totais
UASB	<i>Upflow Anaerobic Sludge Blank</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	18
2	OBJETIVOS	20
2.1	OBJETIVOS GERAIS	20
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1	DISPONIBILIDADE HÍDRICA	21
3.2	CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS	23
3.3	GESTÃO DA ÁGUA EM EDIFICAÇÕES	25
3.4	CONSERVAÇÃO DA ÁGUA: OFERTA X DEMANDA	26
3.5	DEMANDA: USO RACIONAL DE ÁGUA	28
3.5.1	Aparelhos economizadores de água	29
3.5.2	Manutenção do sistema predial	31
3.5.3	Setorização e medição individualizada de água	33
3.5.4	Sensibilização da sociedade	35
3.6	OFERTA: FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA	36
3.6.1	Classificação das águas de reuso	38
3.6.2	Regulamentação para a implantação de sistemas de reuso	43
3.6.3	Aproveitamento de Águas Pluviais	45
3.6.3.1	Metodologia básica	46
3.6.3.2	Área de captação	47
3.6.3.3	Coeficiente de Escoamento ou <i>Runoff</i>	48
3.6.3.4	Calhas e condutores	49
3.6.3.5	Remoção de materiais grosseiros	49
3.6.3.6	Descarte da primeira chuva	49

3.6.3.7	Armazenamento das águas pluviais.....	50
3.6.3.8	Caracterização das águas de coleta.....	51
3.6.3.9	Sistemas de tratamento das águas da chuva	52
3.6.3.10	Manutenção dos equipamentos.....	53
3.6.3.11	Legislação de aproveitamento das águas da chuva.....	54
3.6.4	Águas de drenagem.....	54
3.6.5	Reuso de águas cinzas.....	55
3.6.5.1	Caracterização das águas cinzas coletadas	56
3.6.5.2	Metodologia básica.....	58
3.6.5.3	Sistemas de tratamento	61
3.6.5.4	Legislação referente ao reuso de águas cinzas	64
3.7	CONSUMO DE ÁGUA NOS CANTEIROS DE OBRA	65
3.8	CONSERVAÇÃO DA ÁGUA EM CANTEIROS DE OBRA	66
4	METODOLOGIA.....	71
4.1	ESTIMATIVA DO CONSUMO DE ÁGUA ATRAVÉS DA VAZÃO MÉDIA DE EFLUENTES	71
4.2	UTILIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES.....	73
4.3	REUSO DE ÁGUAS CINZAS.....	73
4.3.1	Cálculo da vazão média de água cinza.....	73
4.3.2	Implantação da ETAC	74
4.3.3	Reservatórios de reuso de água cinza	74
4.3.4	Bombeamento de água cinza para reuso	75
4.3.5	Custos do sistema de reuso de água cinza	76
4.4	REUSO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	76
4.4.1	Demanda externa	77
4.4.2	Dimensionamento do reservatório	77
4.4.3	Custo de implantação	78

4.5	ESTIMATIVA DO CONSUMO DE ÁGUA APÓS APLICAÇÃO DAS MEDIDAS DE REDUÇÃO E DE REUSO	78
4.6	ESTIMATIVAS DOS CUSTOS DAS TARIFAS DE ÁGUA E ESGOTO	79
4.7	CÁLCULO DO PERÍODO DE RETORNO	80
4.8	CARTILHA PARA SENSIBILIZAÇÃO DOS ENVOLVIDOS	81
5	DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	82
5.1	LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	82
5.2	CARACTERIZAÇÃO INICIAL	83
5.3	APARELHOS QUE DEMANDAM ÁGUA	84
5.4	ESTIMATIVA DE DEMANDA INTERNA DE ÁGUA.....	85
5.5	USO DE DISPOSITIVOS REDUTORES DE ÁGUA.....	87
5.5.1	Custo dos dispositivos economizadores	88
5.6	REUSO DE ÁGUAS CINZAS.....	88
5.6.1	Implantação da ETAC	89
5.6.2	Dimensionamento do volume dos reservatórios de água cinza	90
5.6.3	Bomba de recalque	90
5.6.4	Custos de implantação do sistema de reuso de águas cinzas	91
5.7	REUSO DE ÁGUAS DA CHUVA	91
5.7.1	Demanda externa	92
5.7.2	Cálculo do reservatório de águas pluviais	93
5.7.3	Custo de implantação do sistema de captação de águas pluviais	96
6	RESULTADOS	97
6.1	ESTIMATIVA DE CUSTOS DE ÁGUA E ESGOTO POR APARTAMENTO	97
6.2	ESTIMATIVA DE CUSTOS COM LAVAGEM DA ÁREA EXTERNA.	99
6.3	PERÍODO DE RETORNO.....	99
7	CONCLUSÃO.....	101
	REFERÊNCIAS.....	104

APÊNDICE A – Modelo de quadro para auxiliar a gestão de água na obra.....	111
ANEXO A – Dispositivos economizadores (ANA et al., 2005).....	113
ANEXO B – Pavimento térreo e área externa	113

1 INTRODUÇÃO

A região Sudeste foi atingida em 2014 por uma significativa escassez de chuvas, o que fez aumentar a preocupação com questões referentes à necessidade de se conservar a água disponível no planeta. Dessa forma, o setor da construção civil pode contribuir para o consumo mais eficiente de água, através do desenvolvimento de sistemas de aproveitamento e reuso, beneficiando a sociedade e permitindo a economia dos recursos hídricos (SEBRAE, 2015).

Para reequilibrar a oferta e demanda de água de forma a garantir a desenvolvimento sustentável, ANA *et al.* (2005) cita a necessidade de aplicação e desenvolvimento de métodos e sistemas alternativos, em função das características de sistemas e centros de produção específicos. Conforme aponta Gonçalves (2009), o uso de águas de qualidades distintas, que atendam aos padrões para usos potáveis e aos não potáveis, deve ser aplicado como parte das ações de conservação em áreas urbanas e em edificações.

Assim, conforme as necessidades dos usuários, Programas de Conservação de Água (PCA) são cada vez mais aplicados em edificações, de maneira a gerar aplicações técnicas apropriadas e viáveis do ponto de vista financeiro, a fim de otimizar o uso da água, garantindo a saúde dos usuários e desempenho adequado dos sistemas envolvidos.

1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

Tendo em vista as grandes perdas que a construção civil proporciona, desde a obra até a vida útil da edificação, e a escassez crescente da água, ações de racionalização do recurso e minimização de seu desperdício tornam-se o ponto de partida deste trabalho. Aborda-se, desta forma, processos de otimização, reaproveitamento e diminuição de gastos relativos à água, além de produtividade nos empreendimentos existentes e a serem construídos.

Verificando-se a necessidade de estudos sobre o uso racional de água na construção civil, devido à falta de dados mensurados relativos ao consumo de água durante a fase de construção, direcionou-se o trabalho para a análise do consumo de água em edificações pela existência de informações mais embasadas e índices que

possibilitassem o estudo. Dessa forma, optou-se por sugerir ações que possam ser aplicadas ao longo do canteiro de obras para uma melhor gestão do recurso.

Questões relativas ao investimento feito para a redução e o reuso de águas servidas são um entrave para a implantação de sistemas que otimizem ações neste sentido. Dessa forma, identifica-se a necessidade de um estudo preliminar que analise não apenas os benefícios ambientais, mas também, e principalmente, financeiros.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Este trabalho tem como objetivo discutir a gestão de água na construção civil, desde a obra até a vida útil da edificação, analisando a viabilidade de implantação de dispositivos economizadores para a redução de água, além de sistemas de reutilização das águas residuais (cinzas e pluviais) em um edifício residencial de apartamentos no município de Mauá (SP), considerando-se aspectos técnicos, ambientais e financeiros.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

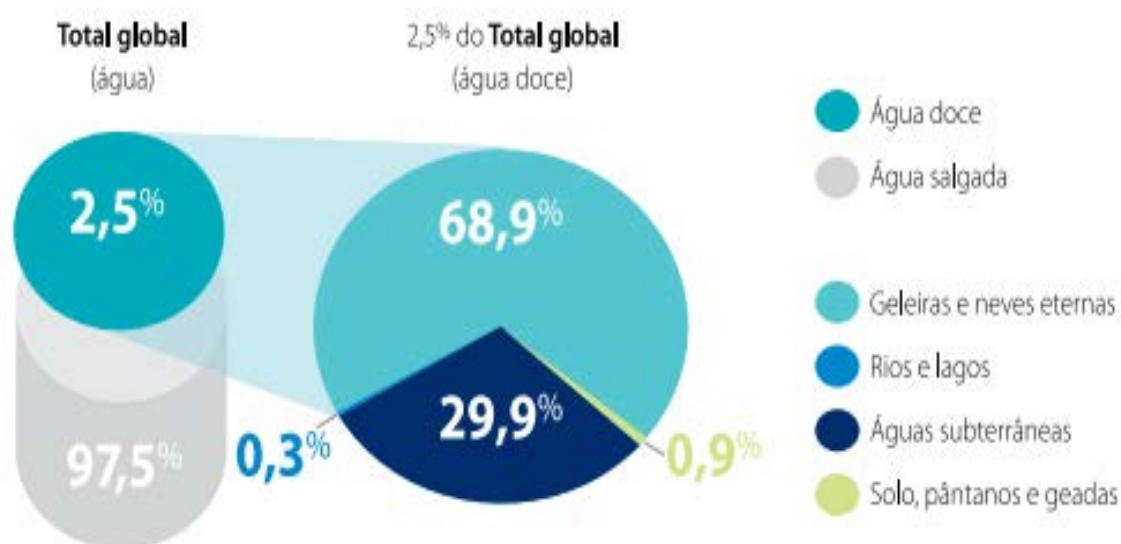
- Elaborar um estudo do tema proposto, juntamente com o conceito de uso racional, de tal forma a contribuir para a questão da gestão de água na construção civil;
- Analisar a oferta de águas residuais (cinzas e pluviais) de maneira que a demanda destinada aos usos não potáveis seja atendida;
- Discutir os resultados de modo a embasar novas pesquisas sobre técnicas e métodos a serem empregados para gestão da água;
- Avaliar a viabilidade financeira de um sistema de redução e reuso de água;
- Sensibilizar os profissionais e usuários envolvidos a respeito do desperdício e uso racional da água em edificações e obras de construção civil, através da criação de uma cartilha com indicações sobre a gestão deste recurso natural.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA

De toda a água existente no mundo, 97,5% é salgada, ou seja, apenas 2,5% de um total de 1,37 bilhões de km³ correspondem à água doce, sendo que apenas 0,3% representa águas de rios, lagos e reservatórios (Figura 1), significando 0,007% do total no planeta. Além disso, não significa que essa parcela de água esteja totalmente disponível para consumo humano, uma vez que a mesma muitas vezes se encontra em locais de difícil acesso, dificultando sua captação, a exemplo da água presente nas geleiras (TOMAZ, 2003).

Figura 1 – Distribuição dos recursos hídricos no mundo



Fonte: MMA; MEC; IDEC (2005).

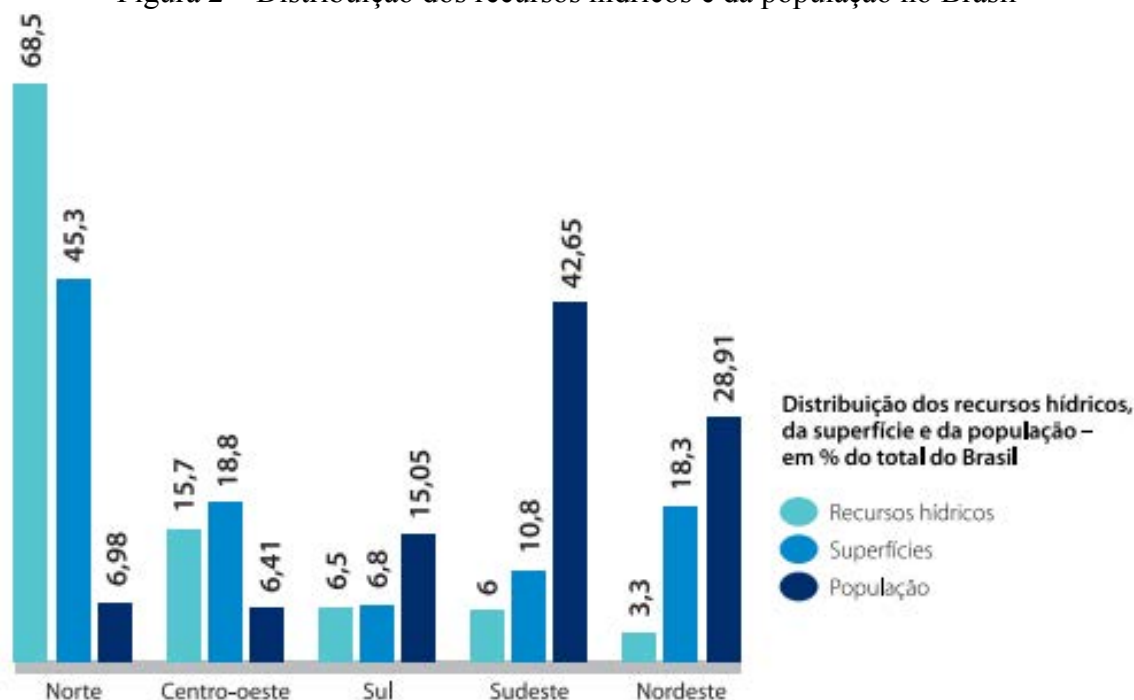
Apesar da considerável disponibilidade hídrica mundial que o Brasil apresenta, os recursos hídricos não são distribuídos de forma uniforme no território nacional. Conforme a Tabela 1, 68,5% da água doce brasileira se encontra na região Norte e abastece apenas 6,98% da população. No Nordeste tem-se 3,3% de água doce com 28,91% da população, na região Centro-oeste 15,7% com 6,41%, no Sul 6,5% com 15,05% e no Sudeste 6,0% abastecem 42,65% da população brasileira (MMA; MEC; IDEC, 2005). Dessa forma, nota-se um grande desequilíbrio entre oferta e demanda de água, podendo-se visualizar graficamente pela Figura 2.

Tabela 1 – Comparação entre área territorial, disponibilidade hídrica e população

Região do Brasil	Disponibilidade de água (%)	Superfície Territorial (%)	População (%)
Norte	68,5	45,30	6,98
Nordeste	3,3	18,3	28,91
Sudeste	6	10,8	42,65
Sul	6,5	6,8	15,05
Centro-Oeste	15,7	18,8	6,41

Fonte: Adaptado de MMA; MEC; IDEC (2005).

Figura 2 – Distribuição dos recursos hídricos e da população no Brasil



Fonte: MMA; MEC; IDEC (2005).

O ciclo hidrológico vem, por séculos, sustentando a biodiversidade do planeta, sendo essencial para a manutenção de ecossistemas, comunidades e populações, contando com componentes bem definidos e integrados entre si: águas superficiais, águas subterrâneas e águas atmosféricas. A mobilidade contínua entre estes componentes é fundamental para o ciclo da água, além de mostrar como esse recurso é constantemente renovado. Entretanto, o dinamismo imposto pelo desenvolvimento provoca inevitável exaustão de recursos, inclusive os hídricos, tendo-se alterações do curso da água, conflitos, impactos e, dentro de uma visão panorâmica de longo prazo, uma ameaça de escassez (TUNDISI, 2014).

De acordo com Gonçalves (2009), o surgimento de aglomerados urbanos, a falta de sistemas e estruturas de gestão, juntamente com questões culturais, impossibilitam o acesso de pessoas à água de forma adequada, gerando conflitos e

promovendo a degradação das fontes de recurso. Dessa maneira, tem-se um conflito com a Política Nacional de Recursos Hídricos, PNRH, instituída pela Lei nº 9.433, 08 de janeiro de 1997, que tem como um dos seus propósitos garantir que se tenha disponibilidade de água em padrões apropriados para a atual e as futuras gerações.

Considerando-se os padrões atuais de consumo, o crescimento populacional das regiões metropolitanas e periferias, além do consequente surgimento de novos consumidores industriais, o aumento da demanda da água faz-se necessário para o futuro. Ações como represamentos, captação em rios distantes, reversão de rios e disputa entre estados vizinhos em relação ao uso da água, são vistas como forma de expandir os mananciais. Entretanto, como essas opções são caras e apresentam sérios debates ambientais, sugerem-se investimentos em medidas de recuperação e conservação dos mananciais, economia de água, redução de perdas e consequente diminuição dos padrões de consumo (HAFNER, 2007).

Conforme Oliveira (1999), a utilização da água deve ser analisada desde o nível macro, que abrange o gerenciamento dos recursos hídricos em bacias hidrográficas, até o nível micro, representado pelos sistemas prediais. O nível micro abrange ações relativas ao uso racional e de conservação da água, sendo que as primeiras buscam minimizar perdas, otimizar sistemas e troca de aparelhos convencionais por economizadores, de forma a limitar a demanda. As últimas incluem tanto a demanda como a oferta, somando-se às medidas anteriores, portanto, atividades como: reuso, aproveitamento e uso de fontes alternativas de água (SILVA, 2004).

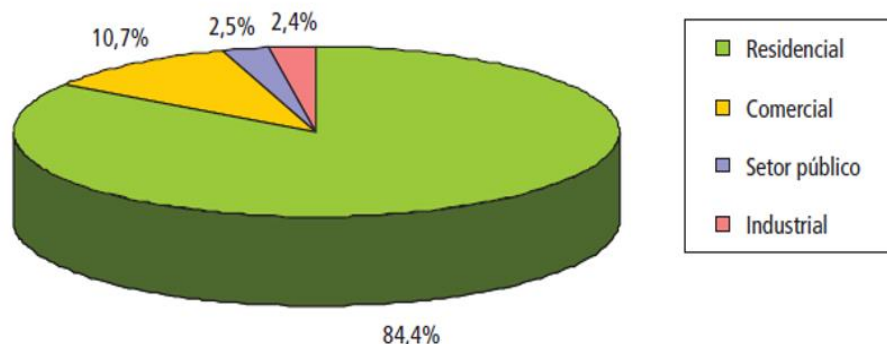
3.2 CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

A falta de água é um problema presente em várias partes do planeta e que acarreta várias consequências, principalmente relacionadas com a saúde da população. Outro fator que deve ser considerado é a poluição dos corpos hídricos e o desperdício do recurso. Parte desse desperdício ocorre ao usar a água potável que chega às residências, tanto para usos nobres - consumo humano - quanto para os menos nobres, a exemplo de lavagens de pisos e roupas (ANNECCHINI, 2005).

De acordo com Oliveira (1999), mais da metade do consumo total de água nas áreas urbanas pode ser de água residencial. Na Região Metropolitana de São Paulo, o

consumo de água residencial corresponde a 84,4% do consumo total urbano (incluindo também o consumo de pequenas indústrias), como pode ser representado pela Figura 3.

Figura 3 – Consumo de água em Regiões Metropolitanas de São Paulo



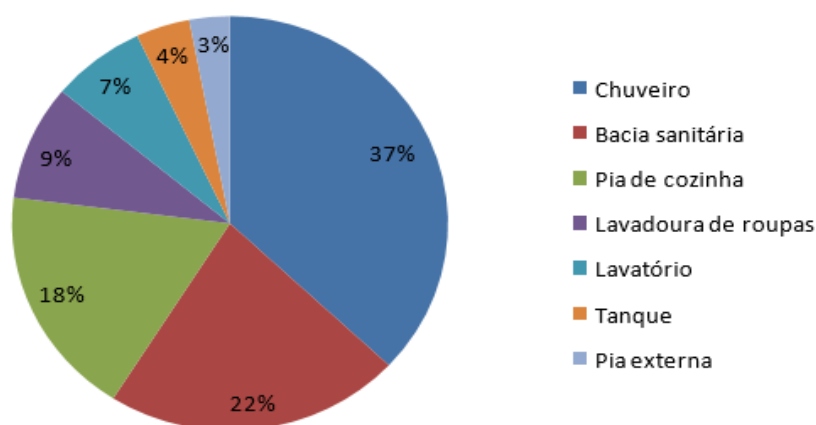
Fonte: Adaptado de Oliveira (1999).

Devido ao extenso tamanho territorial do Brasil e à distribuição heterogênea de sua população que possui costumes diversificados, diferentes níveis sociais e rendas familiares, dificulta-se a determinação da distribuição do consumo *per capita* de água no país. Segundo Hafner (2007), o valor médio de consumo brasileiro é de 150 litros por dia por habitante, mas, nas regiões com maior concentração populacional, como São Paulo e Rio de Janeiro, o valor pode chegar a 180 litros e superar os 200 litros, respectivamente.

Conforme Anecchini (2005), a renda familiar, o número de habitantes, as características culturais da família, o clima da região, etc., são fatores que influenciam o consumo de água residencial. O mesmo inclui atividades que envolvam tanto o uso interno (limpeza e higiene), como também o uso externo às residências (irrigação de jardins, piscinas, lavagem de áreas externas, entre outros) (BAZZARELLA, 2005).

Segundo Hafner (2007), pesquisas indicam que a maior parte do consumo de água em edificações no Brasil corresponde ao chuveiro e à bacia sanitária, os quais juntos representam 59% do consumo total da residência. Seguindo das pias de cozinha (18%), lavadoras de roupa (9%), lavatórios (7%), tanques (4%) e consumo no jardim e lavagem de carros (3%), conforme a distribuição apresentada pelo gráfico da Figura 4. Ainda, devido às variâncias que o consumo de água possa apresentar, Bazzarella (2005) fez o comparativo de diversos estudos em relação à distribuição de água em diferentes edificações (Tabela 2).

Figura 4 – Distribuição do consumo de água em uma residência no Brasil



Fonte: Adaptado de Hafner (2007).

Tabela 2 – Consumo de água por aparelho hidráulico

Setor da residência	Simulação DECA	Prédio USP	CDHU
Bacia sanitária	14%	29%	5%
Pia	12%	6%	7%
Chuveiro	47%	28%	54%
Pia de cozinha	15%	17%	17%
Máquina de lavar louça		5%	3%
Máquina de lavar roupa	8%	9%	4%
Tanque		6%	10%
Torneira de uso geral	5%		

Fonte: Adaptado de Bazzarella (2005).

3.3 GESTÃO DA ÁGUA EM EDIFICAÇÕES

Segundo Gonçalves (2006), o uso de quantidades de água além das mínimas requisitadas para determinada finalidade (a exemplo de banhos prorrogados) e as perdas (vazamentos da rede de distribuição, por exemplo), caracterizam o desperdício de água. Segundo dados do Sistema de Informações sobre Saneamento de 2015, as perdas de faturamento (relação entre os volumes de água faturados e os disponibilizados para a distribuição pelas prestadoras de serviço), representam um índice médio de 36,7% no Brasil (SABESP, 2017).

A partir de sistematizações de intervenções a serem realizadas em edificações, o consumo da água pode ser implementado de maneira racional, desde que suas ações de redução garantam a qualidade necessária para realizar as atividades que demandam o

recurso, com o mínimo de desperdício. As principais vantagens geradas pela otimização do uso da água em edificações, segundo ANA *et al* (2005), são:

- Economia gerada pela redução do consumo de água;
- Economia criada pela redução dos efluentes gerados;
- Redução de custos operacionais e de manutenção;
- Aumento da disponibilidade de água;
- Redução do efeito da cobrança pelo uso da água;
- Melhoria da visão da responsabilidade social.

Diferentes pesquisas relatam economias de até 80% de água em diferentes categorias de edificações no país (escolas, hospitais, residências unifamiliares, edifícios comerciais e residenciais multifamiliares, aeroportos, entre outros), a partir de implantações de medidas de uso racional de água (NUNES, 2009).

Para desenvolver o comportamento conservacionista em relação ao uso da água nas edificações, devem-se fornecer instrumentos objetivos para seu exercício, de maneira a elaborar e implantar um sistema de gestão que resulte em um diagnóstico de fácil interpretação para tomada de decisões, de forma que, ao longo do processo de implantação, demonstre os efeitos das medidas tomadas frente aos usuários. O diagnóstico deve contar não apenas com indicadores de consumo, mas com estimativa dos dados complementares de perdas e de desperdícios (vazamentos de aparelhos sanitários e de tubulações embutidas, por exemplo), levantados por medições diretas ou estimados com base em valores disponíveis na literatura técnica (GONÇALVES, 2009).

3.4 CONSERVAÇÃO DA ÁGUA: OFERTA X DEMANDA

Para o conceito de conservação da água, deve-se partir da associação da gestão do recurso, incluindo as formas de demanda juntamente com as de oferta, utilizando águas de qualidade inferior para usos menos nobres que não necessitem exatamente de água potável (ANA *et al.*, 2005). Conforme cita o manual, a conservação da água pode ser definida como qualquer ação que:

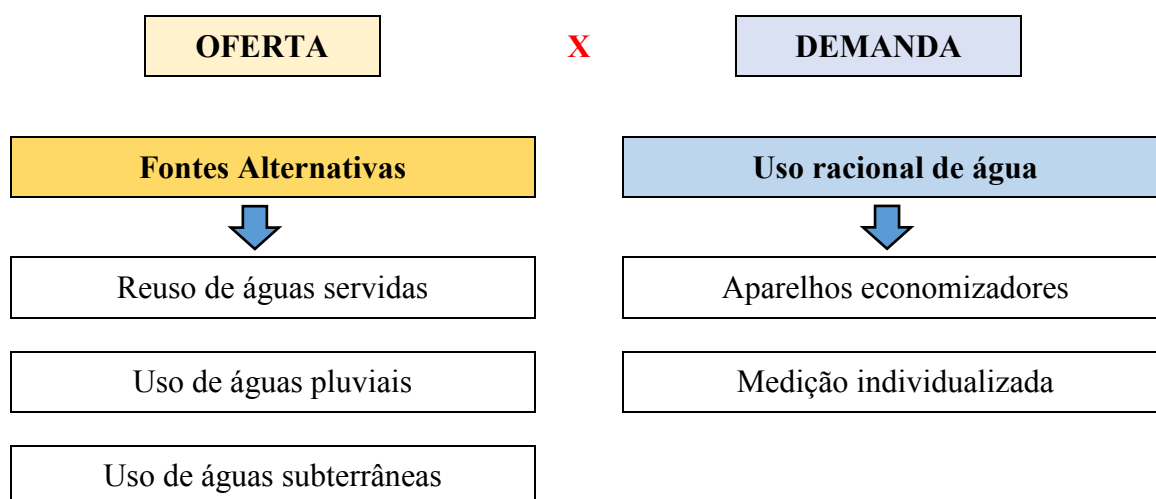
- reduza a quantidade extraída em fontes de suprimento de água;
- diminua o consumo de água;
- reduza o desperdício de água;
- aumente a eficiência do uso de água;

- aumente a reciclagem e o reuso de água.

A principal motivação para se implantar um Programa de Conservação de Água (PCA) é a economia financeira que pode ser proporcionada, abrangendo reduções referentes ao consumo de água, geração de efluentes, cobrança pelo uso da água, insumos de energia nos sistemas de recalque e bombas, custos operacionais e de manutenção dos sistemas hidráulicos e equipamentos da edificação (HAFNER, 2007).

Como se verifica na Figura 5, a conservação da água envolve questões que incluem sua oferta e a demanda. Ações para o uso racional de água abrangem atividades como: correção de vazamentos, redução de perdas, campanhas educativas de sensibilização e a instalação de tecnologias economizadoras de água. As ações de fontes alternativas, por sua vez, incluem o aproveitamento de águas pluviais, reuso de águas servidas e captação de águas subterrâneas (GONÇALVES, 2009).

Figura 5 – Conservação de águas nos edifícios



Fonte: Adaptado de Gonçalves (2009).

Segundo Oliveira (1999), as ações a serem adotadas por um programa de conservação de água, podem ser agrupadas em:

- Ações econômicas: incentivos e desincentivos econômicos. Os primeiros podem ser oferecidos por meio de subsídios para a aquisição de sistemas e componentes economizadores de água e de redução de tarifas. Já os desincentivos podem consistir na elevação das tarifas de água;
- Ações sociais: campanhas educativas e de conscientização dos usuários, visando reduzir o gasto de água com adequações de procedimentos relativos ao uso da mesma e da mudança de comportamento individual;

- Ações tecnológicas: relativas à substituição de sistemas e componentes convencionais por economizadores de água, uso de sistemas de medição setorizada do consumo de água, detecção e correção de vazamentos, reaproveitamento de água e de reciclagem de água servida.

3.5 DEMANDA: USO RACIONAL DE ÁGUA

Conforme Gonçalves (2009), a demanda está ligada diretamente com o interesse dos usuários que desejam utilizar a água mediante a uma determinada tarifa pré-estabelecida. Fatores variam a quantidade demandada, principalmente a renda e o preço (tarifa) da água atuam na deliberação do consumo por parte dos consumidores.

A tarifa pelo uso da água cobrada pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) varia de acordo com a categoria da edificação, além do volume de água em m³ consumido mensalmente. Segundo Tomaz (2000), as categorias de consumo de água em instalações prediais podem ser classificadas como residencial, comercial, industrial e pública:

- Consumo residencial (ou domiciliar): relativo a fins domésticos em residências unifamiliares e edifícios multifamiliares;
- Consumo comercial: relativo a restaurantes, hospitais e serviços de saúde, hotéis, lavanderias, auto posto e lava a jatos, clubes esportivos, bares, lanchonetes e lojas;
- Consumo industrial: nessa categoria, enquadram-se indústrias químicas e de produtos afins, metalúrgica básica, de papéis, alimentação, equipamentos elétricos e eletrônicos, equipamentos de transportes e indústrias têxteis.
- Consumo público: relativo aos edifícios públicos, escolas, parque infantil, prédios de unidade de saúde pública, cadeia pública e todos os edifícios municipais, estaduais e federais existentes.

Conforme Tamaki (2003), a gestão da demanda implica sobre a demanda de água, tendo como objetivo o uso eficiente e a economia gerada. Além de levantar e organizar dados e gráficos referentes ao consumo, a gestão deve considerar efeitos de análise e retroalimentação do sistema. A partir desta, pode-se planejar ações para manter os índices de consumo em níveis aceitáveis, podendo implicar em utilização de novas

tecnologias, eliminação de perdas físicas ou na revisão de atividades que demandam água (SILVA, 2004).

Ações são cada vez mais implantadas nos centros urbanos como forma de evitar o desperdício e atenuar os problemas relacionados às limitações das fontes de abastecimento deste insumo para incentivar o uso racional de água e diminuir o seu desperdício. Um dos principais exemplos é o Programa de Uso Racional de Água – PURA, implantado pela Sabesp e pela Universidade de São Paulo (USP). O objetivo principal do programa é de avaliar os potenciais de diminuição de água através de práticas de uso racional e de redução de perdas (MAY, 2009). A Tabela 3 cita alguns exemplos de locais que tiveram aplicação do PURA e sua respectiva economia gerada:

Tabela 3 – Exemplos de redução no consumo de água com aplicação do PURA

Locais	Economia
Hospital das Clínicas de São Paulo	25%
Hospital Geral do Exército	14%
Hospital do Servidor Público Municipal	14%
Ceagesp - Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo	32%
Escola Estadual Toufic Jouliam	78%
Escola Vera Cruz	25%
Fundação de Desenvolvimento Administrativo - FUNDAP	29,4%
Instituto de Pesquisa Tecnológica - IPT	53%
Palácio dos Bandeirantes	31%
Edifício sede da SABEP	62%

Fonte: Adaptado de Sabesp¹ (2004 *apud* May, 2009, p. 24)

3.5.1 Aparelhos economizadores de água

Uma alternativa para diminuir o desperdício de água é o uso de aparelhos economizadores que utilizam tecnologias que apresentam maior eficiência hídrica que os componentes convencionais, uma vez que implicam em menores consumos, melhor desempenho e menor influência da ação do usuário na economia de água (BAZZARELLA, 2005). Dessa forma, ao se implantar medidas economizadoras em uma edificação, diminui-se a demanda, evita-se a sobrecarga do sistema de abastecimento de água e se reduz o volume à captação necessária no manancial. Além

¹ SABESP, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Programa de controle e redução de perdas - Diretoria Metropolitana de Distribuição**. São Paulo, 2004 *apud* MAY, S. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. São Paulo, 2009.

disso, da mesma forma se tem uma redução do esgoto a ser tratado, o que aumenta a eficiência de tratamento e diminui a poluição dos corpos receptores (HAFNER, 2007).

Segundo Oliveira (2005), os desperdícios de água que são vistos em torneira, chuveiros, vasos sanitários, mictórios e outros podem ser controlados por equipamentos adequados às condições funcionais e físicas do local de uso, uma vez que o consumo excessivo se dá por fatores como vazão excessiva, tempo de utilização prolongado, dispersão do jato e por vazamentos, sendo que apenas estes não podem ser controlados por componentes economizadores. De acordo com Hafner (2007), o emprego de dispositivos redutores costuma ter grande aceitação pela fácil visualização de funcionamento que os mesmos apresentam e à confiabilidade pelo público geral nos produtos.

Conforme aborda Oliveira (1999), aspectos culturais, tecnológicos, operacionais, consumos estimados e tempo de utilização, e questões de manutenção devem ser considerados ao se discutir a implantação de novas tecnologias economizadoras de água em edificações, além das características técnicas e atendimento às normas. Ao se decidir por implantar aparelhos redutores de vazão em um prédio de apartamentos, deve-se contar com aprovação dos moradores, pois as mudanças de funcionamento dos aparelhos podem ser inaceitáveis por parte dos usuários (GONÇALVES, 2009).

De acordo com Gonçalves (2009), ações que envolvam substituição de aparelhos sanitários em edificações devem ser avaliadas de forma criteriosa, principalmente em relação ao custo benefício dos investimentos a serem realizados e aspectos técnicos. Estes devem ser estudados teoricamente e simulados antes de se implantar as medidas em condições reais. Além disso, ao se substituir componentes convencionais por economizadores de água, por exemplo, deve-se verificar as condições e a manutenção do sistema hidráulico, de modo que medidas de consumo enganosas não ocorram (ANA *et al.*, 2005).

A Sabesp apresenta a Tabela 4, comparando equipamentos convencionais com economizadores, através dos valores médios de consumo, demonstrando a economia de água gerada.

Tabela 4 – Comparação entre aparelhos convencionais e alternativos

Equipamento Convencional	Consumo	Equipamento Economizador	Consumo	Economia
Bacia com caixa acoplada	12 litros/descarga	Bacia VDR	6 litros/descarga	50%
Bacia com válvula bem regulada	10 litros/descarga	Bacia VDR	6 litros/descarga	40%
Ducha (água quente/fria) - até 6 mca	0,19 litros/seg	Restritor de vazão 8 litros/min	0,13 litros/seg	32%
Ducha (água quente/fria) - 15 a 20 mca	0,34 litros/seg	Restritor de vazão 8 litros/min	0,13 litros/seg	62%
Ducha (água quente/fria) - 15 a 20 mca	0,34 litros/seg	Restritor de vazão 12 litros/min	0,20 litros/seg	41%
Torneira de pia - até 6 mca	0,23 litros/seg	Arejador vazão cte (6 litros/min)	0,10 litros/seg	57%
Torneira de pia - 15 a 20 mca	0,42 litros/seg	Arejador vazão cte (6 litros/min)	0,10 litros/seg	76%
Torneira uso geral/tanque - até 6 mca	0,26 litros/seg	Regulador de vazão 8 l/min	0,13 litros/seg	50%
Torneira uso geral/tanque - 15 a 20 mca	0,42 litros/seg	Regulador de vazão 12 l/min	0,21 litros/seg	50%
Torneira uso geral/tanque - até 6 mca	0,26 litros/seg	Restritor de vazão	0,10 litros/seg	62%
Torneira uso geral/tanque - 15 a 20 mca	0,42 litros/seg	Restritor de vazão	0,10 litros/seg	76%
Torneira de jardim - 40 a 50 mca	0,66 litros/seg	Regulador de vazão	0,33 litros/seg	50%
Mictório	2 litros/uso	Válvula automática	1 litro/seg	50%

Fonte: Adaptado de Sabesp (2017).

Além da Sabesp, ANA *et al.* (2005), também apresenta uma relação resumida dos locais de edificações e os equipamentos sanitários com dispositivos economizadores mais utilizados (ANEXO A). No Brasil as instalações hidráulicas podem ser de 2 até 40 mca, sendo que em instalações onde a pressão é maior, os fatores de redução serão mais expressivos.

3.5.2 Manutenção do sistema predial

Uma das maneiras mais eficientes de se reduzir o consumo de água nos sistemas prediais é a manutenção e correção de vazamentos. A manutenção do sistema hidráulico baseia-se no conjunto de atividades necessárias para controlar de forma

adequada o sistema dentro um programa contínuo de ações que evitem e/ou corrijam anomalias, de forma a garantir o seu funcionamento eficiente. Segundo Gonçalves (2009), um sistema de manutenção divide-se em:

a) Manutenção preventiva: Tem por objetivo reduzir, prevenir ou evitar anormalidades que causem desempenhos abaixo do nível esperados. As atividades de inspeção física das partes do sistema são exemplo desse tipo de manutenção.

b) Manutenção corretiva: Busca atingir um determinado desempenho, de maneira que a forma de intervenção é recomendada em função de cada tipo de problema envolvido e seus respectivos remanejamentos necessários. Incluem-se também serviços de reparos de acidentes inesperados que prejudiquem o funcionamento do sistema.

Desperdícios resultam em custos para a sociedade e, portanto, a sua eliminação ou redução implica em benefícios econômicos e ambientais, a exemplo da detecção de vazamentos nas instalações e equipamentos hidráulicos (GONÇALVES, 2009). Conforme Oliveira (1999), vazamentos podem ser classificados em visíveis, que podem ser detectados a olho nu, e não visíveis, que necessitam de testes para serem identificados. Na Tabela 5 estão representados os valores de perda diária por vazamentos visíveis nos dispositivos hidráulicos.

Tabela 5 – Volumes estimados perdidos em vazamentos

Aparelho sanitário		Perda estimada
Torneiras (lavatórios, pias, uso geral)	Gotejamento lento	6 a 10 litros/ dia
	Gotejamento médio	10 a 20 litros/dia
	Gotejamento rápido	20 a 32 litros/dia
	Gotejamento muito rápido	> 32 litros/dia
	Filete d= 2mm	>114 litros/dia
	Filete d- 4mm	>333 litros/dia
	Vazamento no flexível	0,86 litros/dia
Mictório	Filetes visíveis	144 litros/dia
	Vazamento no flexível	0,86 litros/dia
	Vazamento no registro	0,86 litros/dia
Bacia sanitária com válvula de descarga	Filetes visíveis	144 litros/dia
	Vazamento no tubo de alimentação	144 litros/dia
	Válvula disparada quando acionada	40,8 litros/dia (válvula aberta p/ período de 30 seg., vazão de 1,6 L/seg.)

Fonte: Adaptado de Oliveira (1999).

Um conjunto de ações destinadas a manter os componentes do sistema hidráulico em condições adequadas de uso deve ser estabelecido por um Plano de

Manutenção. Por meio deste, garante-se o adequado funcionamento das instalações, evita-se perdas e desperdício de água desnecessários e, conseqüentemente, diminui-se o número de colapsos, reduz-se o tempo gasto para reparos, minimiza-se custos operacionais e aumenta-se a vida útil do conjunto (GONÇALVES, 2009). ANA *et al.* (2005) sugere intervenções a serem feitas de acordo com o aparelho sanitários e os seus defeitos/ falhas, conforme apresenta o Quadro 1.

Quadro 1 – Defeitos/ Falhas dos aparelhos sanitários e intervenções necessárias

Aparelho Sanitário	Defeitos/ Falhas encontrados	Intervenção
Bacia sanitária com válvula	Vazamento na bacia	Troca de reparos
	Vazam. Externo na válv. Descarga	
Bacia sanitária com caixa acoplada	Vazamento na bacia	Regul. da boia ou troca de reparos
		Troca/limpeza da comporta e sede
		Troca ou regulagem do cordão
Torneira convencional (lavatório, pia, tanque, uso geral)	Vazamento pela bica	Troca do vedante ou do reparo
	Vazamento pela haste	Troca do anel de vedação da haste ou do reparo
Torneiras hidromecânicas (lavatório, mictório)	Tempo de abertura inadequado (fora da faixa compreendida entre 6 e 12 seg.)	Troca do pistão ou êmbolo da torneira
	Vazão excessiva	Ajuste da vazão através do registro regulador
	Vazamento na haste do botão acionador	Troca do anel de vedação da haste ou do reparo

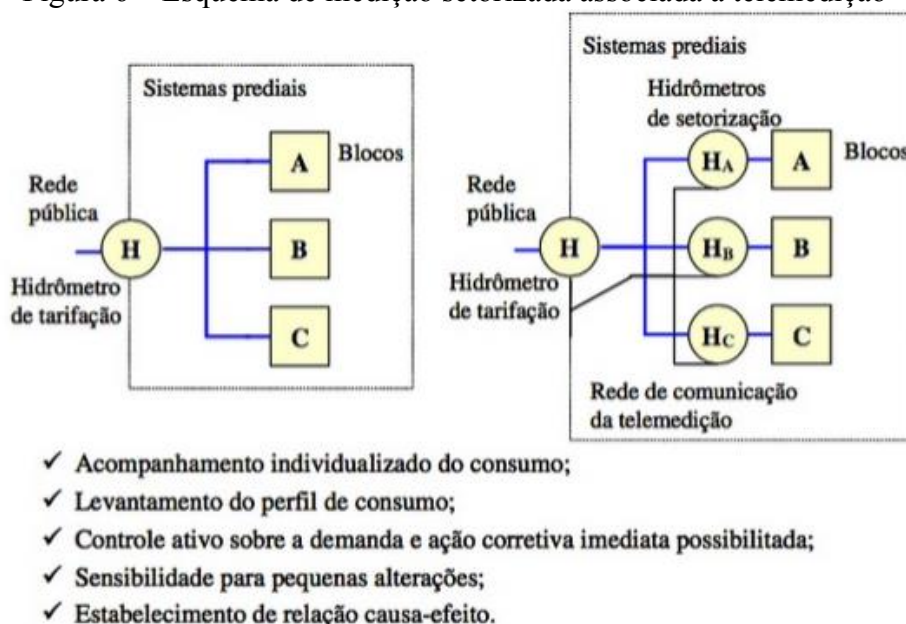
Fonte: Adaptado de Oliveira (1999).

3.5.3 Setorização e medição individualizada de água

Em edificações residenciais multifamiliares no Brasil, é comum a medição ser realizada na entrada da edificação e a cobrança de água/esgoto incidir sobre o condomínio com o consumo total do prédio, sendo a mesma, então, dividida entre os moradores. Conforme Hafner (2007), a divisão dos custos entre os condôminos pouco auxilia para reduzir o uso de água e desmotiva ações economizadoras, pois os usuários não sentem a relação direta entre sua ação pessoal de economia de água e a redução do consumo na conta.

Conforme Tamaki (2003), os dados de consumo, que podem ser obtidos através de contas da concessionária, medições *in loco*, setorização e telemedição, são fundamentais para a gestão uma vez que estabelecem padrões e condições de consumo de água nos sistemas prediais. A telemedição possibilita automatizar os dados de medição e os transmitir através de fontes remotas para estações de recebimento que por sua vez, analisam os dados e informações adquiridas. Já a medição setorizada permite monitorar o consumo de água ao longo da vida útil da edificação, conforme o esquema representado pela Figura 6. Conforme ANA *et al.* (2005), o sistema de setorização permite um maior controle do consumo de água e possibilita rápida detecção de vazamentos que levariam meses ou anos para serem identificados.

Figura 6 – Esquema de medição setorizada associada à telemedição



Fonte: Tamaki (2003).

Além disso, a medição individualizada afeta o consumo de água, uma vez que quando se paga proporcionalmente aos volumes consumidos, tende-se a reduzir os mesmos para que os gastos com as tarifas de água sejam menores. Um estudo feito no Canadá em 1999, pelo Governo de *British Columbia*, mostrou que as residências sem medição individualizada consumiram 70% a mais de água (457 L/hab.dia) do que as que possuíam (269 L/hab.dia) (BAZZARELLA, 2005).

No caso de edificações novas, a medição individualizada já deve ser prevista em projeto, não exigindo expressivos investimentos na construção. Em edifícios antigos, porém, deve-se realizar um estudo de viabilidade econômica para garantir que a

implantação do sistema seja vantajosa (HAFNER, 2007). Medidores em tubos verticais de distribuição, partindo-se do barrilete e servindo a compartimentos superpostos em apartamentos, podem ser implantados de forma a descrever consumos em determinados usos e possibilitar comparações e estratégias de redução de consumo (GONÇALVES, 2009).

Recentemente no Brasil foi sancionada a Lei n. 13.312, 12 de julho de 2016, que torna obrigatória a medição individualizada de água em novos condomínios, visando obrigar as edificações a adotarem padrões de sustentabilidade. Entretanto, a mesma entrará em vigor somente em 2021. Atualmente a maioria dos condomínios dispõe apenas de uma medição coletiva, e nem sempre o valor cobrado corresponde ao que os moradores de cada apartamento realmente consumiram (AGÊNCIA BRASIL, 2016).

Algumas cidades brasileiras, a exemplo de Recife, Campinas e o Distrito Federal, já contam com legislação específica a respeito da instalação de hidrômetros individuais nos prédios a serem construídos e fornecendo um período de 5 ou 10 anos para adaptação dos condomínios antigos. Outros locais, como São Paulo, possuem Programas de Conservação e Uso Racional da Água em Edificações que contemplam a medição individual inserida juntamente com equipamentos hidrossanitários economizadores (HAFNER, 2007).

3.5.4 Sensibilização da sociedade

Campanhas educativas e palestras são importantes para conscientizar as pessoas ligadas à gestão do consumo, orientando sobre as estratégias de racionalização, uso correto de equipamentos e disponibilizando dados de consumo através dos medidores individualizados (JOHN; PRADO, 2010). Segundo Souza (2004), em muitas situações, uma campanha bem planejada pode gerar resultados mais expressivos que ações tecnológicas, uma vez que não impõe formas ditatórias de mudanças nos hábitos dos usuários e, conseqüentemente, possíveis descontentamentos. A conscientização, entretanto, deve ser contínua para que os efeitos das medidas permaneçam, evitando o aconchego natural do ser humano conforme o tempo. De acordo com Hafner (2007), as campanhas educativas no Brasil costumam ter caráter provisório, uma vez que são apenas promovidas em períodos de crise hídrica e, em seguida, levadas ao esquecimento pela maioria da população.

Apesar das dificuldades, algumas medidas promissoras vêm sendo incentivadas pelo governo, a exemplo da bacia sanitária VDR no Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade da Habitação (PBQP-H), tornando o consumo máximo de 6,8 litros como meta obrigatória para todos os equipamentos do tipo comercializados no Brasil. Ademais, tem-se leis estaduais que implantam Programas de Conservação e Uso Racional de Água, tornando obrigatória a utilização de dispositivos economizadores em empreendimentos imobiliários destinados aos serviços públicos a serem construídos. (HAFNER, 2007).

3.6 OFERTA: FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA

A conservação de água prevê não apenas o controle da demanda, mas também a ampliação da oferta, através do uso de fontes alternativas de água. Consideram-se fontes alternativas de água todas aquelas que não estão sob concessão de órgãos públicos, ou que não sofrem cobrança pelo seu uso. Para empreendimentos de construção civil, recomenda-se o aproveitamento de água pluvial, de drenagem e reuso de águas cinzas (ANA *et al.*, 2005).

Em residências, o reuso também pode significar fazer com que as águas servidas de lavatórios, chuveiros, sofram um tratamento adequado e sejam redistribuídas para usos menos nobres que não necessitem usar água potável, como descarga de vasos sanitários, lavagem de pisos e rega de jardins. Em média, segundo Anecchini (2005), 40% do total de água consumida em residências são destinados a usos não potáveis. Assim, deve-se estabelecer um modelo de abastecimento de rede dupla de água, sendo uma de água potável e outra de reuso, através da redução do consumo da primeira, a conservação da água seria garantida (GONÇALVES, 2009).

Em relação ao reuso para fins potáveis, os sistemas de tratamento são associados a riscos elevados em relação à saúde pública, além de envolverem altos custos de tratamento, sendo frequentemente uma alternativa economicamente inviável. Segundo Hafner (2007), a Organização Mundial da Saúde também não estimula o reuso direto (conexão direta dos efluentes de uma estação de tratamento de esgoto a uma estação de tratamento de água e, em seguida, ao sistema de distribuição pública).

ANA *et al.* (2005) apresenta as exigências mínimas para o uso da água não-potável em função das diferentes atividades a serem realizadas nas edificações:

a) Água para irrigação, rega de jardim, lavagem de pisos:

- Não deve apresentar mau cheiro;
- Não deve conter componentes que agredam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas;
- Não deve ser abrasiva;
- Não deve manchar superfícies;
- Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

b) Água para descarga em bacias sanitárias:

- Não deve apresentar mau cheiro;
- Não deve ser abrasiva;
- Não deve manchar superfícies;
- Não deve deteriorar os metais sanitários;
- Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

c) Água para refrigeração e sistema de ar condicionado:

- Não deve apresentar mau cheiro;
- Não deve ser abrasiva;
- Não deve manchar superfícies;
- Não deve deteriorar máquinas;
- Não deve formar incrustações.

d) Água para lavagem de veículos:

- Não deve apresentar mau-cheiro;
- Não deve ser abrasiva;
- Não deve manchar superfícies;
- Não deve conter sais ou substâncias remanescentes após secagem;
- Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

e) Água para lavagem de roupa:

- Deve ser incolor;
- Não deve ser turva;
- Não deve apresentar mau cheiro;
- Deve ser livre de algas;

- Deve ser livre de partículas sólidas;
 - Deve ser livre de metais;
 - Não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos;
 - Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
- f) Água para uso ornamental:
- Deve ser incolor;
 - Não deve ser turva;
 - Não deve apresentar mau cheiro;
 - Não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos;
 - Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
- g) Água para uso em construção civil: na preparação de argamassas, concreto, controle de poeira e compactação de solo:
- Não deve apresentar mau cheiro;
 - Não deve alterar as características de resistência dos materiais;
 - Não deve favorecer o aparecimento de eflorescências de sais;
 - Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

3.6.1 Classificação das águas de reuso

Ao se captar as águas residuais, devem-se analisar os seus parâmetros qualitativos para se definir o tipo de tratamento a ser adotado, de acordo com a atividade de reuso. A qualidade da água tem relação com a quantidade de impurezas que contém e é representada por diversos parâmetros que traduzem suas características físicas, químicas e biológicas. De acordo com a NBR 13969 (ABNT, 1997), de forma geral, podem ser definidas as seguintes classificações e respectivos valores de parâmetros qualitativos para as águas de reuso, conforme o uso previsto a ser realizado nas mesmas, como representado na Tabela 6.

- Classe 1: Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes: turbidez inferior a 5, coliforme fecal inferior a 200

NMP/100 mL; sólidos dissolvidos totais inferior a 200 mg/L; pH entre 6,0 e 8,0; cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L.

- Classe 2: lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes: turbidez inferior a 5, coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 mL, cloro residual superior a 0,5 mg/L.
- Classe 3: reuso nas descargas dos vasos sanitários: turbidez inferior a 10, coliformes fecais inferiores a 500 NMP/100 mL. Normalmente, as águas de enxágüe das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma cloração.
- Classe 4: reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. Coliforme fecal inferior a 5 000 NMP/100 mL e oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L. As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

Tabela 6 – Classificação e reuso previstos

Classe	Uso previsto	Turbidez	Coliformes fecais (NMP/100 mL)	SDT (mg/L)	pH	Cloro residual (mg/L)
1	Lavagem de carros e outros usos que requerem contato direto com o usuário com a água	< 5	< 200	< 200	Entre 6 e 8	Entre 0,5 e 1,5
2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos exceto chafarizes	< 5	< 500	-	-	> 0,5
3	Reuso em descargas dos vasos sanitários	< 10	< 500	-	-	-
4	Reuso dos pomares, cereais, forragens, pastos para gados e outros cultivos		< 5000	-	-	-

Fonte: Adaptado da NBR 13969 (ABNT, 1997).

ANA *et al.* (2005) ressalta que, apesar das várias aplicações que o reuso apresenta, deve-se atentar para a condição de restrição do contato direto dos usuários com os sistemas de tratamento e distribuição desta água. O Manual citado apresenta

diferentes padrões de qualidade das atividades de reuso, além de as distinguir em classes, que são:

- Água de Reuso Classe 1: os usos preponderantes desta classe são basicamente atividades nos edifícios, a exemplo de descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos e fins ornamentais (chafarizes, espelhos de água etc.), lavagem de roupas e de veículos. Os parâmetros com as devidas concentrações estão representados na Tabela 7.

Tabela 7 – Parâmetros básicos para água de reuso Classe 1

Parâmetros	Concentrações
Coliformes fecais ¹	Não detectáveis
pH	Entre 6 e 9
Cor (UH)	≤ 10 UH
Turbidez (UT)	≤ 2 UT
Odor e aparência	Não desagradáveis
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1mg/L
DBO ² (mg/L)	≤ 10 mg/L
Compostos orgânicos voláteis ³	Ausentes
Nitrato (mg/L)	< 10 mg/L
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	≤ 20 mg/L
Nitrito (mg/L)	≤ 1 mg/L
Fósforo total ⁴ (mg/L)	≤ 0,1 mg/L
Sólido suspenso total (SST) (mg/L)	≤ 5 mg/L
Sólido dissolvido total (SDT) (mg/L) ⁵	≤ 500 mg/L

1. Esse parâmetro é prioritário para os usos considerados.

2. O controle de carga orgânica biodegradável evita a proliferação de microorganismos e cheiro desagradável, em função do processo de decomposição, que podem ocorrer em linhas e reservatórios de decomposição.

3. O controle deste composto visa evitar odores desagradáveis, principalmente em aplicações externas em dias quentes.

4. O controle de formas de nitrogênio e fósforo visa evitar a proliferação de algas e filmes biológicos, que podem formar depósitos em tubulações, peças sanitárias, reservatórios, tanques, etc.

5. Valor recomendado para lavagem de roupas e veículos

Fonte: Adaptado de ANA *et al.* (2005).

- Água de Reuso Classe 2: Os usos preponderantes nesta classe são associados às fases de construção da edificação, a exemplo de lavagem de agregados, preparação de concreto, compactação do solo e controle de poeira. Os

parâmetros qualitativos e suas concentrações aceitáveis estão representados na Tabela 8.

Tabela 8 – Parâmetros básicos para água de reuso Classe 2

Parâmetros	Concentrações
Coliformes fecais	$\leq 1000/ \text{mL}$
pH	Entre 6 e 9
Odor e aparência	Não desagradáveis
Óleos e graxas (mg/ L)	$\leq 1 \text{mg/L}$
DBO (mg/L)	$\leq 30 \text{ mg/L}$
Compostos orgânicos voláteis	Ausentes
Sólido suspenso total (SST) (mg/L)	30 mg/L

Fonte: Adaptado de ANA *et al.* (2005).

Água de Reuso Classe 3: O uso preponderante das águas dessa classe consiste na irrigação de áreas verdes e rega de jardins. Os parâmetros e suas concentrações estão representados na Tabela 9.

Tabela 9 – Parâmetros básicos para água de reuso Classe 3

Parâmetros			Concentrações
pH			Entre 6 e 9
Salinidade			0,7 < EC (dS/m) < 3
			450< SDT (mg/L) < 1500
Toxicidade por íons específicos	Para irrigação superficial	Sódio (SAR)	Entre 6 e 9
		Cloretos (mg/L)	< 350 mg/L
		Cloro residual (mg/L)	Máxima de 1mg/L
	Para irrigação com aspersores	Sódio (SAR)	≥ 3
		Cloretos (mg/L)	< 100 mg/L
		Cloro residual (mg/L)	< 1 mg/L
Boro (mg/L)	Irrigação de culturas alimentícias		0,7 mg/L
	Regas de jardim e similares		3mg/L
Nitrogênio total (mg/L)			5 - 30 mg/L
DBO (mg/L)			< 20 mg/L
Sólidos suspensos totais (mg/L)			< 20 mg/L
Turbidez (UT)			< 5 UT
Cor aparente (UH)			< 30 UH
Coliformes fecais (mL)			≤ 200/100 mL

Fonte: Adaptado de ANA *et al.* (2005).

- Águas de Reuso Classe 4: o uso preponderante para esta classe é no resfriamento de equipamentos de ar condicionado (torres de resfriamento). Os parâmetros estão representados na Tabela 10.

Tabela 10 – Variáveis recomendados para o uso de água em torres de resfriamento

Variável (*)	Sem recirculação	Com circulação
Sílica	50	50
Alumínio	SR	0,1
Ferro		0,5
Manganês		0,5
Amônia		1
SDT	1000	500
Cloretos	600	500
Dureza	850	650
Alcalinidade	500	350
SST	5000	100
pH	5,0 - 8,3	6,8 - 7,2
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	SR	2,2
Bicarbonato	600	24
Sulfato	680	200
Fósforo	SR	1
Cálcio	200	50
Magnésio	SR	30
OD	Presente	SR
DQO	75	75

(*) Unidade de referência: mg/L, a menos que indicado

SR: sem recomendação

Fonte: Adaptado de ANA *et al.* (2005).

May (2009) compara os parâmetros qualitativos referentes à água de reuso, de acordo com a NBR 13969 (ABNT, 1997) e ao modelo apresentado por ANA *et al.* (2005), representados na Tabela 11. Em relação ao último, comparou-se apenas as Classes 1 e 2, que são referentes ao consumo de água durante a vida útil das edificações e as atividades que ocorrem durante as fases construtivas, respectivamente.

Tabela 11 – Comparação de parâmetros de qualidade referentes à água de reuso pela NBR 13969 (ABNT, 1997) e ANA *et al.* (2005)

Classes	Parâmetros					
NBR 13969 (ABNT, 1997)	Turbidez (uT)	pH	SDT (mg/L)	Cloro residual (mg/l)	OD (mg/L)	Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)
Classe 1	< 5	6 e 8	< 200	0,5 e 1,5		< 200
Classe 2	< 5			< 0,5		< 500
Classe 3	< 10					< 500
Classe 4					> 2	< 5000
ANA <i>et al.</i> (2005)						
Classe 1	≤ 2	6 e 9	≤ 500	≤ 0,5		Não detectáveis
Classe 2		6 e 9				≤ 1000

Fonte: Adaptado de May (2009).

3.6.2 Regulamentação para a implantação de sistemas de reuso

Conforme Giacchini (2010), o Brasil não dispõe de normatização técnica específica para os sistemas de reuso da água, o que dificulta a aplicação desta prática no país devido à falta de orientação técnica para a implantação e fiscalização, gerando riscos à saúde da população. Apesar disso, o país apresenta documentos pontuais, manuais e recomendações referentes à água de modo geral. Conforme aborda Zeule e Serra (2014), alguns exemplos são:

- NBR 13969 (ABNT, 1997): objetiva oferecer alternativas de reuso, indicando padrões qualitativos e maneiras de disposição de efluentes líquidos de tanques sépticos, para tratamento do esgoto.
- NBR 15527 (ABNT, 2007): aborda a captação de águas pluviais em coberturas urbanas para posteriores formas de uso não potáveis.
- Resolução nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005): classifica a água em classes, conforme o seu uso e qualidade necessária.
- Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) (BRASIL, 1997): a Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, Capítulo II, Artigo 20, Inciso I e II, estabelece como objetivo assegurar à atual e às futuras gerações a disponibilidade de água necessária, em padrões de qualidade conforme os respectivos usos e a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, focando o desenvolvimento sustentável.

- A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que é o órgão nacional responsável pela fiscalização dos aspectos sanitários relacionados à saúde das pessoas.

Por enquanto, além do já citado Manual de Conservação e Reuso de Águas em Edificações, (ANA *et al.*, 2005), uma das principais referências adotadas nesse setor é o *Guidelines For Water Reuse da EPA (Environmental Protection Agency)* (HAFNER, 2007). Algumas legislações específicas em alguns estados regulamentam atividades relacionadas ao uso de fontes alternativas de águas, como mostra o Quadro 2, porém ainda não há legislações que atinjam o país como um todo.

Quadro 2 – Legislações brasileiras que regulamentam fontes alternativas

Categoria	Água de Chuva	Água cinza	Esgoto Sanitário
Contenção	Lei N° 13.276/2002 – São Paulo/SP	-	-
Uso predial	Lei N° 10.785/2003 - Curitiba/PR	Lei N° 10.785/2003 - Curitiba/PR	-
	Lei N° 13.276/2002 - São Paulo/ SP	Lei N° 6.345/2003 - Maringá/PR	-
	Lei N° 6.345/2003 - Maringá/PR	-	-
Urbano	-	-	Lei N° 6.076/2003 - Maringá/PR
	-	-	Lei N° 13.309/2002 -São Paulo/SP

Fonte: Adaptado de Bazzarella (2005).

Em relação aos sistemas de águas provenientes de outras fontes de abastecimento, a exemplo das fontes alternativas (águas pluviais, águas cinzas de reuso), o Código Sanitário do Estado de São Paulo (Decreto 12.342, de 27/09/78) diz seguinte:

Artigo 12 - Não será permitida:

III- a interconexão de tubulações ligadas diretamente a sistemas públicos com tubulações que contenham água proveniente de outras fontes de abastecimento

Artigo 19 - É expressamente proibida a introdução direta ou indireta de águas pluviais ou resultantes de drenagem nos ramais prediais de esgotos. (SÃO PAULO, 1978).

Quando a fonte alternativa não for suficiente para atender a demanda, deve-se realizar uma realimentação com uso de água potável proveniente das tubulações de água fria normal. Porém, as ligações das tubulações devem ser sinalizadas, distinguindo-se

sistemas que fornecem água potável das fontes alternativas destinadas às atividades de reuso, nunca devendo existir ligações cruzadas entre as tubulações das mesmas.

3.6.3 Aproveitamento de Águas Pluviais

O sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis consiste na captação, transporte, armazenamento e utilização da água de chuva, a exemplo de irrigação de jardins, descarga de vasos sanitários, lavagem de veículos, garagens e quintais, sistemas de ar condicionado e de combate a incêndios e outros (TOMAZ, 2001). A utilização de águas pluviais, assim como reduz o consumo de água potável, também contribui para diminuir o despejo de água nas redes de drenagem urbanas, reduzindo o risco de enchentes (JOHN; PRADO, 2010). O Quadro 3 resume os componentes de um sistema de aproveitamento de águas pluviais.

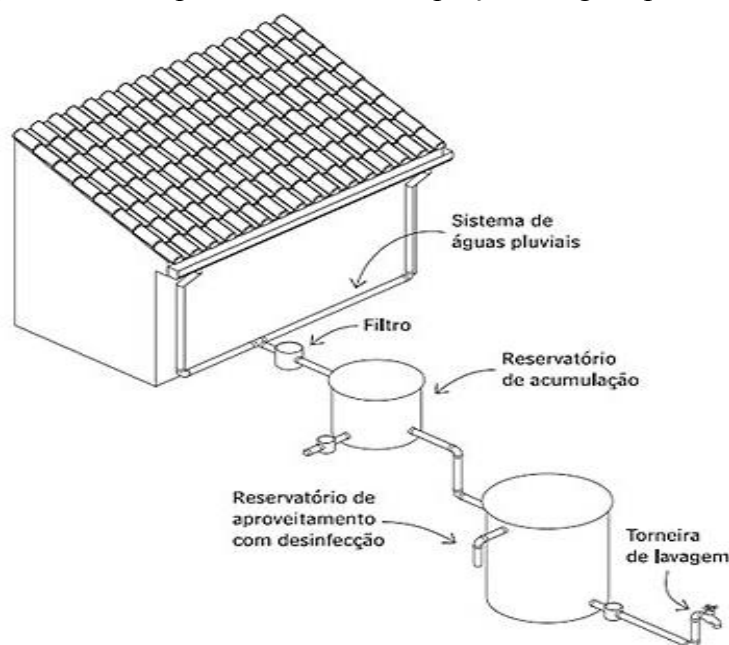
Quadro 3 – Componentes básicos de um sistema predial de uso de água pluvial

Captação	Condução	Tratamento	Armazenamento	Distribuição
Telhados	Calhas	Filtros de material grosseiro	Reservatórios ou cisternas	Tubulações, conexões e peças de utilização
Lajes	Caixas de amortecimento	Filtros de material fino	-	-
Toldos	Tubos de queda, conexões e condutores horizontais	Dispositivos de descarte de primeira chuva	-	-
Pátios específicos	Caixas de desvio e inspeção	Equipamento de desinfecção	-	-

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2009).

A Figura 7 representa um esquema de uma edificação com sistema de captação de água da chuva. Como exemplos de usos residenciais das águas pluviais, tem-se descarga do vaso sanitário, lavagem de pisos e de veículos automotores, irrigação de jardins e lavagem de roupas. Para usos industriais, como no caso dos canteiros de obras, e comerciais, temos: resfriamento de equipamentos e máquinas, serviços de limpeza, descargas nos sanitários, reservatório contra incêndios, irrigação das áreas verdes, áreas de contenção diminuindo/evitando alagamentos, lavagem roupas e de veículos e outros.

Figura 7 – Exemplo de sistema de captação de águas pluviais



Fonte: Técnica (2008).

3.6.3.1 Metodologia básica

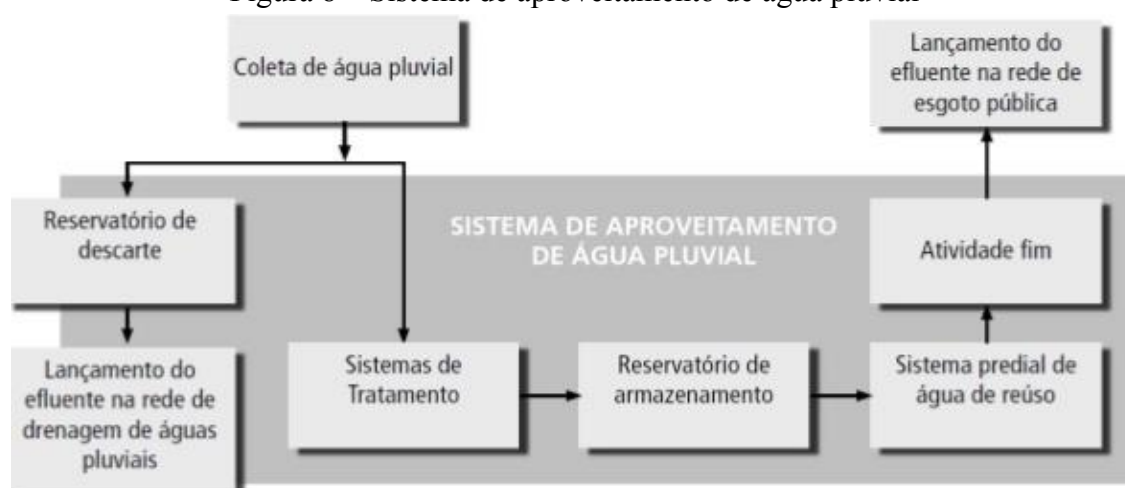
Ao se implantar um sistema de aproveitamento de água de chuva, deve-se intervir nos sistemas convencionais, substituindo ou adicionando canalizações, conexões e registros. Faz-se necessário estudar os sistemas prediais hidráulicos existentes na edificação, principalmente os que se referem aos de água fria e aos de água pluvial (WERNECK, 2006).

De acordo com ANA *et al.* (2005), os projetos de sistemas de coleta, tratamento e uso de água de chuva, tem a metodologia básica com as seguintes etapas (Figura 8):

- Determinação da precipitação média em função de dados mensais publicados (mm/mês);
- Determinação da área de coleta;
- Determinação do coeficiente de escoamento superficial em função do material e do acabamento da área de coleta;
- Caracterização da qualidade da água pluvial através de sistemas automáticos de amostragem, tendo como objetivo fornecer elementos para o cálculo do reservatório de descarte.
- Projeto do reservatório de descarte, determinados em função da qualidade da água durante as fases iniciais de precipitação;

- Projeto do reservatório de armazenamento, calculados com base anual, considerando-se o regime de precipitação local e as características de demanda específica de cada edificação;
- Identificação dos usos da água (demanda e qualidade);
- Estabelecimento do sistema de tratamento necessário de acordo com a qualidade da água coletada e do seu destino final;
- Projeto dos sistemas complementares, compostos de condutores horizontais (calhas) e verticais que transportam as águas pluviais coletadas até os reservatórios de armazenamento, após passagem pelos reservatórios de descarte, podendo ser incluídos filtros, grades, tubulações etc.;
- Cálculo da cisterna.

Figura 8 – Sistema de aproveitamento de água pluvial



Fonte: ANA *et al.* (2005).

3.6.3.2 Área de captação

De acordo com a superfície de captação da água pluvial, tem-se uma determinada quantidade de água absorvida dada pelo coeficiente de *Runoff* ou de escoamento (quociente entre a água que escoar superficialmente e o total de água precipitada) do material. O Quadro 4 relaciona o grau de purificação conforme a área de captação.

Quando as águas pluviais forem coletadas através de telhados, estes devem estar de acordo com as normas técnicas. As telhas devem ser cerâmicas, de fibrocimento, de zinco, de aço galvanizado, de plástico, de vidro, de acrílico, ou mesmo, de concreto armado ou manta asfáltica (ANNECHINNI, 2005).

Quadro 4 – Variações da qualidade da água de chuva devido ao sistema de coleta

Grau de purificação	Área de Coleta de Chuva	Observações
A	Telhados (lugares não frequentados por pessoas ou animais)	Se a água for purificada é potável
B	Telhados (lugares frequentados por pessoas ou animais)	Apenas usos não potáveis
C	Pisos e Estacionamentos	Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis
D	Estradas	Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis

Fonte: Adaptado de Group Raindrops (2002).

3.6.3.3 Coeficiente de Escoamento ou *Runoff*

Como o volume de água proveniente da chuva não é o mesmo que o valor aproveitado, para considerações de cálculo, estima-se uma perda de água por evaporação, vazamentos, lavagens de telhado, dentre outras causas, entre 10% e 33%. Essa perda é denominada Coeficiente de *Runoff* ou coeficiente de escoamento (TOMAZ, 2003). Peters (2006) mostra que os valores encontrados para o coeficiente variam de acordo com o material empregado, a partir de estudos de diversos pesquisadores (Tabela 12). Para o Brasil, usualmente adota-se o valor de 0,80.

Tabela 12 – Faixa do coeficiente de *Runoff* para cada tipo de material

Material	Faixa de C	Fonte
Telha cerâmica	0,80 - 0,90	Holkes e Fraiser <i>apud</i> Tomaz (2003)
	0,75 - 0,90	Van den Bossche <i>apud</i> Vaes e Berlamont (1999)
	0,56	Khan <i>apud</i> May (2004)
Telha metálica	0,70 - 0,90	Holkes e Fraiser <i>apud</i> Tomaz (2003)
	0,85	Khan <i>apud</i> May (2004)
Telha esmaltada	0,80 - 0,90	Van den Bossche <i>apud</i> Vaes e Berlamont (1999)
Cobertura de PVC	0,94	Khan <i>apud</i> May (2004)
Betume	0,80 - 0,95	Van den Bossche <i>apud</i> Vaes e Berlamont (1999)
Telhados Verdes	0,27	Khan <i>apud</i> May (2004)
Pavimentos	0,40 - 0,90	Wiken <i>apud</i> Tomaz (2003)
	0,68	Khan <i>apud</i> May (2004)

Fonte: Adaptado de Peters (2006).

3.6.3.4 Calhas e condutores

Para transportar a água pluvial desde o ponto de coleta até a cisterna são necessárias tubulações verticais e calhas. Normalmente estes elementos já se encontram instalados na edificação e devem ser dimensionados a partir da vazão captada e, para o cálculo e execução, devem-se seguir as normas técnicas, obedecendo a NBR 10844 (ABNT, 1989) – Instalações Prediais de Águas Pluviais (PETERS, 2006).

Ainda segundo Peters (2006), calhas podem ser de chapas galvanizadas, liga de alumínio e PVC, e devem apresentar como características: resistência à corrosão, longa durabilidade, resistência a mudanças de temperatura, serem lisas, leves e rígidas. Deve-se atentar à manutenção das calhas, de maneira a auxiliar a durabilidade desses materiais.

3.6.3.5 Remoção de materiais grosseiros

Para a captação de águas pluviais, deve-se evitar a entrada de materiais grosseiros nas tubulações, tais como folhas e galhos, pois podem acarretar entupimento do sistema e a suas decomposições prejudicam a qualidade da água armazenada na cisterna. Para isso, componentes como filtros verticais instalados em coletores, calhas dotadas de filtro e outros equipamentos podem ser aplicados por meio de grades de barras ou telas metálicas com aberturas da ordem de 2 mm a 6 mm, que são interpostas no fluxo das águas pluviais captadas na cobertura e conduzidas pelos coletores (PETERS, 2006).

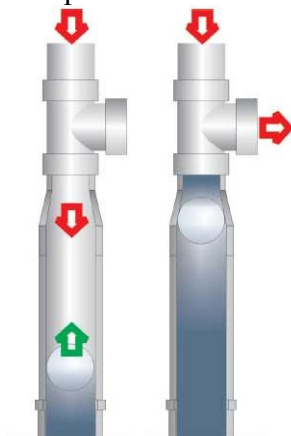
3.6.3.6 Descarte da primeira chuva

Ao passar pela superfície de captação, a água da chuva transporta substâncias que interferem na sua qualidade como poeira, folhas, galhos, fezes de animais, tornando-se necessário o descarte desta primeira porção de chuva. Após eliminar os primeiros milímetros das águas da chuva captada, Anecchini (2005) separou os três primeiros milímetros de precipitação e o acumulado da chuva restante em Vitória (ES).

Verificou-se uma melhoria qualitativa considerável das águas pluviais coletadas após o primeiro milímetro, ocorrendo quedas significativas nos valores de parâmetros como condutibilidade elétrica, acidez, cloretos e sulfatos. Os dispositivos de

descarte (Figura 9) têm por finalidade receber as águas iniciais de lavagem do telhado e as remover, de forma a melhorar a qualidade do sistema (PETERS, 2006). Segundo ANA *et al.* (2005), o reservatório desses dispositivos tem função de reter provisoriamente e de descartar a água coletada na fase inicial da precipitação.

Figura 9 – Esquema de dispositivo de descarte das primeiras águas



Fonte: Técnica (2008).

Os volumes descartados variam em função da qualidade da água durante os momentos iniciais de precipitação, que ocorrem após diferentes períodos de estiagem. Conforme a norma NBR 15527 (ABNT, 2007), quando a área de captação utilizar materiais convencionais, deve-se descartar os primeiros 2 mm de chuva para que os poluentes da cobertura não sejam levados para o reservatório. Esse procedimento é conhecido como *first flush*.

3.6.3.7 Armazenamento das águas pluviais

Conforme Tomaz (2003), as águas pluviais podem ser armazenadas em reservatórios que podem ser elevados, apoiados ou enterrados, e de materiais de alvenaria de tijolos, concreto armado, fibra de vidro, plásticos, entre outros. O reservatório deve ser dimensionado cuidadosamente, pois é o componente mais caro de um sistema de aproveitamento de água da chuva (MAY, 2004). Segundo Group Raindrops (2002), reservatórios de níveis mais baixos, apesar de suas vantagens por proporcionarem condições mais adequadas de armazenamento, a exemplo dos subterrâneos, podem gerar custos maiores, já que necessitam bombear a água até abastecer os níveis.

A norma NBR 15527 (ABNT, 2007) inclui recomendações técnicas e estabelece padrões de dimensionamento de reservatórios. Estes devem atender à NBR 12217 (ABNT, 1994) e, nos pontos de consumo, devem estar identificados com “água não potável”. De acordo com Peters (2006), a economia do sistema está diretamente ligada ao volume do reservatório, que, por sua vez, deve ter volume dimensionado de acordo com o cálculo da demanda de água pluvial a ser coletada pela área de captação.

3.6.3.8 Caracterização das águas de coleta

A água da chuva possui composição que varia conforme a localização geográfica, condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos, estação do ano, etc.), presença ou não de vegetação e também com a presença de fontes poluidoras (TOMAZ, 2003). Peters (2006) mostra os resultados de caracterização de águas pluviais obtidos em diversos estudos e em diferentes locais, podendo-se observar a variância que os parâmetros apresentam em cada caso pela Tabela 13.

Tabela 13 – Comparação das concentrações das águas pluviais atmosféricas em diferentes pesquisas

Referência	pH	Cor aparente (uC)	Turbidez (NTU)	Dureza (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Cloretos (mg/L)	N. amoniaca l (mg/L)	Coliformes Fecais (NMP/100 mL)
Appan (1999)	4,1	8,7	4,6	0,1	-	-	-	6,7
Vázquez et al (2003)	6,5	-	-	-	-	0,2	0,2	-
Mello (apud Annecchini, 2005)	5,1	-	-	-	52,9	83,8	-	-
Pinheiro et al (2005)	5,3	-	1,8	24,0	-	5,1	-	-
Annecchini (2005)	6,1	-	0,9	8,4	3,9	4,1	0,5	-
Peters (2006)	5,9	3,3	1,5	7,6	2,5	0,6	0,7	5,1

Fonte: Adaptado de Peters (2006).

3.6.3.9 Sistemas de tratamento das águas da chuva

Após o descarte, algumas substâncias ainda permanecem na água de chuva onde, em alguns casos, faz-se necessária sua desinfecção. Caso o uso seja para fins potáveis, Gonçalves (2009) sugere a utilização de sistemas eficientes de filtração para a remoção de partículas, sendo esta eficiência definida pelo padrão de turbidez da água, indicador não biológico recomendado pela Portaria 518/200, o que garante a remoção de formas de resistências de microrganismos (endósporos, cistos e oocistos), além do uso de processos de desinfecção adequados para inativação de microrganismos patogênicos.

Para fins não potáveis, o método de desinfecção poderá ser simples e de baixo custo, porém são eficientes e são mais comumente aplicados em edifícios. De acordo com ANA *et al.* (2005), frequentemente são empregados sistemas compostos de unidades de sedimentação simples, filtração simples e desinfecção com cloro ou com luz ultravioleta. Dependendo do uso, diferentes níveis de qualidade podem ser exigidos e, conseqüentemente, diferentes tratamentos, como se verifica no Quadro 5.

Quadro 5 – Tratamento de água exigido conforme o uso da água pluvial

Uso da Água da Chuva	Tratamento da Água
Rega de Jardins	Não é necessário
Irrigadores, combate a incêndio, ar condicionado	É necessário para manter os equipamentos em boas condições
Fontes e lagoas, banheiros, lavação de roupas e carros	É necessário, pois a água entra em contato com o corpo humano
Piscina/banho, para beber e para cozinhar	A desinfecção é necessária, pois a água é ingerida direta ou indiretamente

Fonte: Adaptado de Group Raindrops (2002).

Apesar da simplicidade do reuso de águas pluviais para os usos não potáveis, é necessário analisar parâmetros físicos, químicos e biológicos periodicamente e verificar se os mesmo estão em conformidade com a NBR 15527 (ABNT, 2007), conforme mostra a Tabela 14.

Tabela 14 – Parâmetros de qualidade de águas pluviais para usos restritivos não-potáveis

Parâmetros	Análise	Faixa
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2 uT, para usos menos restritivos <5 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes, da sua utilização)	Mensal	< 15 uH
Deve prever ajuste do pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6 a 8 no caso de tubulação de aço, carbono ou galvanizado

Nota: Para desinfecção, a critério do projetista, pode-se utilizar derivado clorado, raios ultravioleta, ozônio e outros. Em aplicações onde é necessário um residual desinfectante deve ser usado derivado clorado

Fonte: Adaptado da NBR 15527 (ABNT, 2007).

3.6.3.10 Manutenção dos equipamentos

Para prevenir perdas, existências de vazamentos e mau funcionamento dos equipamentos, devem-se realizar inspeções sistemáticas e prever manutenções periódicas dos componentes, de modo a identificar problemas e evitar desperdícios (ARAÚJO, 2009). A NBR 15227 (ABNT, 2007) prevê a frequência recomendada para a manutenção dos equipamentos do sistema de captação, como mostra o Quadro 6.

Quadro 6 – Frequência de manutenções recomendadas pela norma

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal
	Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Disposição de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: Adaptado da NBR 15227 (ABNT, 2007).

3.6.3.11 Legislação de aproveitamento das águas da chuva

Como já descrito, o Brasil necessita de regulamentações, normas e manuais para atividades de reuso. Em relação às águas pluviais, apesar de se ter a NBR 15527 (ABNT, 2007), não há uma legislação específica que abranja o país como um todo.

Entretanto, conforme Hafner (2007), em muitas cidades brasileiras, como São Paulo (Lei n. 13.276, de 04 de janeiro de 2002), a coleta da água da chuva é obrigatória para empreendimentos com área impermeabilizada superior a 500 m², de forma a se evitar inundações. De acordo com essas leis, a chuva coletada deve ser encaminhada a um reservatório de retenção para posterior infiltração no solo ou para ser despejada na rede de drenagem após uma hora de chuva, reduzindo o escoamento rápido, ou podendo ainda para ser conduzida a outro reservatório para ser reutilizada para fins não potáveis.

Conforme Annecchini (2005), países como Austrália, Estados Unidos, Índia e Alemanha dispõem de manuais técnicos e guias para orientar a utilização de água da chuva, descrevendo a implantação, escolha do material, atividades de conservação da qualidade da água, manutenção dos reservatórios e outros pontos. São exemplos desses manuais o *Texas Guide to Rainwater Harvesting* (1997) e o *Water Safety* (2005) da Austrália.

3.6.4 Águas de drenagem

Águas de drenagem são águas coletadas em atividades como construções subterrâneas, escavações associadas às fundações, geralmente ligadas à construção de garagens. Portanto, deve-se ter um projeto de sistema de drenagem adequado para coletar as águas e armazená-las em caixas posicionadas próximas a pontos de afloramento. ANA *et al.* (2005) fornece algumas sugestões em relação às águas de drenagem, entre elas se ressalta que:

- Deve-se avaliar as vazões médias disponíveis e a qualidade da água para se aferir a necessidade de tratamento em função dos usos potenciais no próprio edifício. A água deve ter sua qualidade verificada através de amostras coletadas mensalmente pelo período de um ano;
- Na sequência, efetua-se a locação e construção da(s) caixa(s) de coleta. As águas drenadas serão conduzidas para as caixas e em seguida, encaminhadas para um destino provisório, que pode ser o sistema de galeria de águas pluviais local.

- A medição de vazões médias deve ser feita mensalmente, pelo período de um ano. O controle de medições pode ser efetuado nas próprias caixas de coleta, fechando-se as válvulas de descarte e medindo-se o tempo necessário para atingir o volume disponível;
- Os sistemas de tratamento devem ser previstos de maneira escalonada, desde unidades de tratamento primário para usos menos exigentes, até a adição de outras, visando-se obter maiores níveis de qualidade para usos mais restritivos;
- As águas tratadas devem ser conduzidas para um reservatório de acumulação que seja isolado e independente do reservatório de água potável. Apesar disso, deve-se ter uma linha de alimentação potável no tanque destinado aos usos não potáveis para satisfazer a demanda que ultrapassar a oferta local de água de drenagem;
- Deve-se tomar todas as precauções para evitar condições de conexão cruzada com sistemas de águas potáveis, de maneira a não permitir que ocorram de problemas de saúde pública em relação aos usuários dos edifícios.

3.6.5 Reuso de águas cinzas

Conforme o Manual de Conservação e reuso da água em edificações (ANA *et al.*, 2005), água cinza é o efluente gerado pelo uso de banheiras, chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar roupas e pias de cozinha em residências, escritórios comerciais, escolas etc., e não possui contribuição da bacia sanitária.

Segundo May (2009), as águas cinzas podem ser divididas em águas cinzas escuras e águas cinzas claras, sendo que estas últimas são residuais originadas de banheiras, chuveiros, lavatórios e máquinas de lavar roupas. Além disso, de acordo com a cor, os efluentes também podem ser classificados em amarelo, marrom e negro, como é descrito por Gonçalves (2006) através do Quadro 7.

Quadro 7 – Código de cores dos efluentes

Tipo	Fonte
Águas azuis	Águas de chuva
Águas cinzas	Águas servidas provenientes de pias, chuveiros, etc.
Águas marrons ou negras	Águas fecais
Águas amarelas	Urina

Adaptado de Gonçalves (2006).

Como é comum a utilização das pias de cozinha como local de despejo de restos de alimentos no Brasil, o que gera uma considerável concentração de matéria orgânica no efluente, a água que provém da pia de cozinha não costuma ser abordada como água cinza para reuso (ANA *et al.*, 2005).

Águas cinzas para fins não potáveis apresentam grande potencial de reuso, devido a facilidade de captação de vazões oriundas de água potável nas edificações, além de não dependerem de índices pluviométricos como as águas pluviais (MAY, 2009). Ainda, segundo Gonçalves (2009), em diversas situações, principalmente quando se trata de edificações com vários andares, esta prática é mais viável economicamente que o reuso de água da chuva. De acordo com Hafner (2007), para a utilização interna, o reuso de águas cinzas apresentam um potencial de uso muito grande, uma vez que representam mais de 50% do consumo médio diário de uma residência.

A NBR 13969 (ABNT, 1997) sugere que se devem planejar as maneiras de reuso de esgoto de forma a permitir seu uso seguro e racional para minimizar o custo de implantação e de operação. Os principais critérios que direcionam um programa de reuso de água cinza, segundo ANA *et al.* (2005) são:

- Preservação da saúde dos usuários;
- Preservação do meio ambiente;
- Atendimento às exigências relacionadas às atividades a que se destina;
- Quantidade suficiente ao uso a que será submetida.

3.6.5.1 Caracterização das águas cinzas coletadas

As águas cinzas geralmente são compostas de sabão, espuma e outros produtos de limpeza em geral, e sua qualidade pode variar de acordo com a procedência, localidade, nível de ocupação da residência, faixa etária, classe social e cultura dos moradores (MAY, 2009). Entretanto, de acordo com Gonçalves (2009), pode-se afirmar que de forma geral apresentará quantidades de turbidez, cor, sulfatos e sólidos suspensos, de maneira que possa ser comparada a um esgoto fraco em relação à presença de matéria orgânica.

Segundo Bazzarella (2005), deve-se atentar com concentrações de óleos e gorduras em chuveiros e pias, além de compostos de enxofre presentes, sobretudo em sabões e detergentes. Compostos de sulfato e de matéria orgânica presentes nas águas

cinzas estão envolvidos na formação de gás sulfídrico (H_2S), que em concentrações acima de 1mg.L gera odores desagradáveis.

Gonçalves (2009) compara pesquisas realizadas por diferentes pesquisadores em relação à caracterização de águas cinzas brutas (concentrações médias de parâmetros físico-químicos), indicando os locais de coleta das mesmas, como mostra a Tabela 15.

Tabela 15 – Caracterização de águas cinzas brutas (concentrações médias de parâmetros físico-químicos), segundo pesquisas em diferentes locais do mundo

Origem da água cinza Autores/ Local	Parâmetros físico-químicos						
Águas cinza: Chuveiro, lavatório, lavação de roupas	pH	Turbidez (NTU)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	SST (mg/L)	N ⁻ NH ₄ ⁺ (mg/L)	P total (mg/L)
Peters, 2008 (UFSC) Florianópolis/ Brasil	7,7	167,5	382,5		119,5	4,2	5,6
Valentina, 2009 (UFES) Vitória/ Brasil	7,8	73	237	106	78	1,28	2,87
Nolde, 1999 Alemanha			340	200			
March <i>et al</i> , 2004 Espanha	7,6	20	171		44	11,4*	
Birks & Hills, 2007 Inglaterra	7,2	26,5	96,3	46,4	36,8	4,6*	0,9
Gilboa & Friedler, 2008 Israel		33	148	95			
Pidou <i>et al</i> , 2008 Inglaterra	6,6	35	144	39		0,7	0,5**
Águas cinza: Chuveiro, lavatório, lavação de roupas, cozinha	pH	Turbidez (NTU)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	SST (mg/L)	N ⁻ NH ₄ ⁺ (mg/L)	P total (mg/L)
Dallas <i>et al.</i> , 2004 Costa Rica		96		167			
Lesjean <i>et al.</i> , 2006 Alemanha			493		90	5,7	7,4
Paulo <i>et al</i> , 2007 Campo Grande/ Brasil	6,5	187	508		109	8	40**
Jamrah <i>et al.</i> , 2007 Oman	7,6	279	426	408	236		
Gross <i>et al.</i> , 2008 Israel	6,3		839	466	158	0,3	
Águas cinza: Chuveiro, lavatório	pH	Turbidez (NTU)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	SST (mg/L)	N ⁻ NH ₄ ⁺ (mg/L)	P total (mg/L)
Nolde, 1999 Alemanha			150	75		7,5*	0,4
Gual <i>et al.</i> , 2008 Espanha	6,8	39	73		32	4*	

Observações: *Concentrações referentes ao Nitrogênio Total; **Concentrações referentes à Fósforo Ortofosfato

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2009).

O uso de efluentes tratados com qualidade não potável é discutida pela NBR 13969 (ABNT, 1997), em relação a atividades como irrigação dos jardins, lavagens de pisos e de veículos, descarga de bacias sanitárias, etc. A norma ainda cita que o sistema de reuso deve ser planejado, definindo-se aspectos como usos previstos do esgoto tratado, volume a ser reutilizado, grau de tratamento necessário, sistema de reservação e de distribuição, além da necessidade de um manual de operação e treinamento dos responsáveis (NUNES, 2009). A Tabela 16 propõe o tipo de tratamento das águas cinzas de acordo com seus parâmetros e com as classes definidas pela NBR 13969 (ABNT, 1997).

Tabela 16 – Classificação e parâmetros de qualidade para reuso de água cinza

Classe	Tipo de Uso	Parâmetro	Valor de referência	Unidade	Tratamento proposto
1	Lavagem de carro e usos com contato direto	Turbidez	< 5	UT	Tratamento aeróbio, filtração e cloração
		Coliforme fecal	< 200	NMP/100 mL	
		SDT	< 200	mg/ L	
		pH	6,0 - 8,0		
		Cloro residual	0,5 - 1,5	mg/ L	
2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins	Turbidez	< 5	UT	Tratamento biológico, aeróbio, filtração e desinfecção
		Coliforme fecal	< 500	NMP/100 mL	
		Cloro residual	< 0,5	mg/L	
3	Descarga em bacias sanitárias	Turbidez	< 10	UT	Cloração ¹ , Tratamento aeróbio, filtração e desinfecção ²
		Coliforme fecal	< 500	NMP/100 mL	

1 - Por recomendar o uso de efluente descartado pela máquina de lavar roupas.

2 - Para casos gerais

Fonte: Adaptado da NBR 13969 (ABNT, 1997).

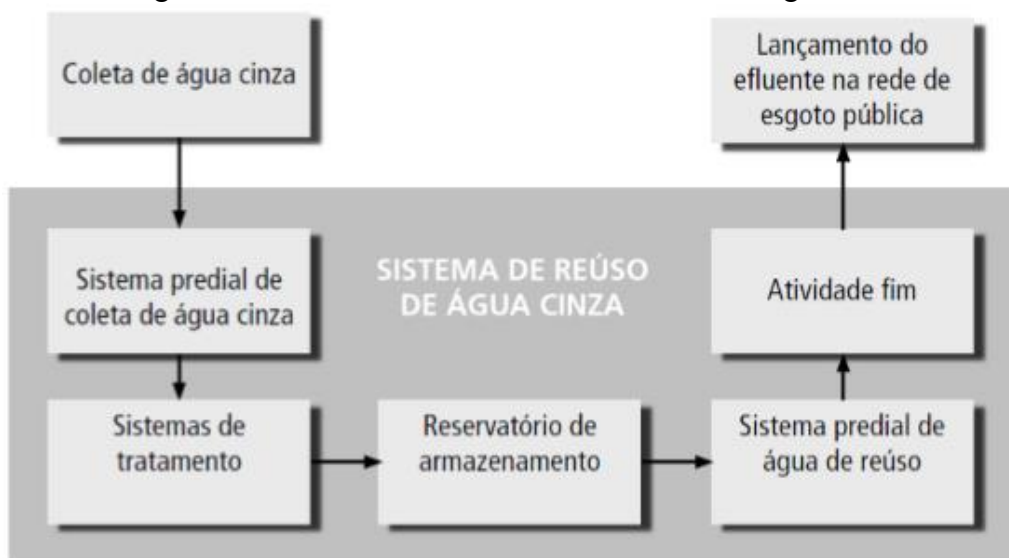
3.6.5.2 Metodologia básica

Segundo Gonçalves (2006), o projeto de abastecimento de água deve apresentar rede dupla, uma de água potável, para pias, chuveiros, e outra de água de reuso, atendendo vasos sanitários e mictórios. Os principais elementos para projetos de sistemas de reuso direto de águas cinzas (Figura 18), conforme ANA *et al.* (2005), são:

- Determinação dos pontos de uso e de coleta de águas cinzas em função dos seus tipos e em função da configuração hidráulica do edifício;
- Determinação de vazões disponíveis nos locais;

- Dimensionamento do sistema de coleta e transporte das águas cinzas brutas em função do projeto hidráulico do edifício em consideração;
- Determinação do volume a ser armazenado de água cinza, conforme as características ocupacionais do edifício e as vazões associadas às peças hidráulicas correspondentes (vazão de águas cinzas), e na demanda de água dos aparelhos que integrarão o sistema de reuso (vazão de reuso);
- Estabelecimento dos usos das águas cinzas tratadas e definição dos parâmetros de qualidade da água, de acordo com os usos estabelecidos;
- Tratamento da água cinza: segundo Santos (2002), uma unidade de tratamento da água é composta por etapas de gradeamento, decantação, filtro e desinfecção.
- Dimensionamento do sistema de distribuição de água tratada aos pontos de consumo: conforme Santos (2002), deve-se ter um reservatório de acumulação e ainda pode ser necessário um sistema de recalque, reservatório superior e rede de distribuição, assim como se verifica no esquema da Figura 11.

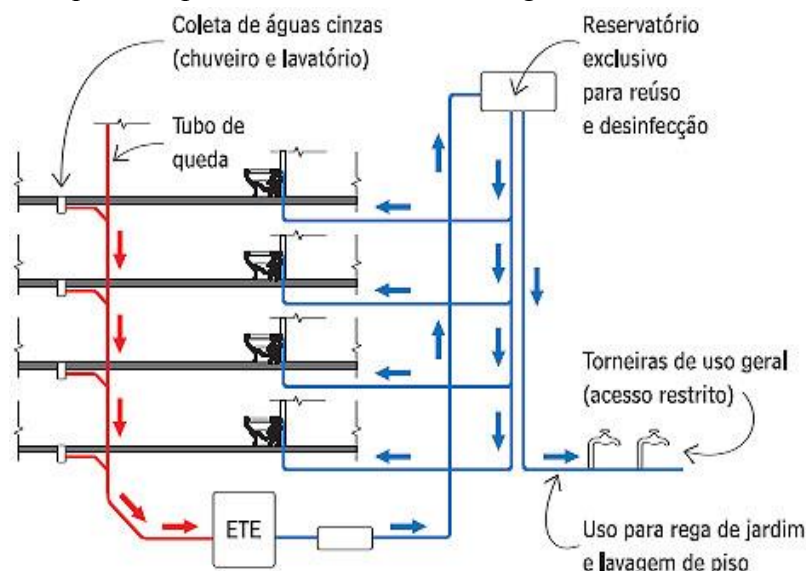
Figura 10 – Elementos de um sistema de reuso de água cinza



Fonte: ANA *et al.*, (2005).

Para as atividades de reuso, manuais do sistema de tratamento, armazenamento e distribuição, com especificações técnicas e figuras, deve ser fornecido pelo responsável pelo planejamento e projeto. Além disso, deve-se orientar os usuários a respeito dos procedimentos para operação correta, de acordo com a NBR 13969 (ABNT, 1997).

Figura 11 – Esquema representativo da coleta de águas cinzas em sistemas prediais



Fonte: Téchne (2008).

Como também pode ser visto na Figura 11, uma das práticas mais comuns de reúso de águas cinzas é a sua utilização em vasos sanitários. O seu uso, tanto para descargas como para outros fins, não deve oferecer riscos de contaminação aos usuários em um eventual contato direto ou indireto com essas águas. Por isso, devem estar devidamente enquadradas dentro dos padrões mínimos para o seu reúso (MAY, 2009). A Tabela 17 compara os parâmetros estabelecidos por ANA *et al.* (2005) e pela NBR 13969 (ABNT, 1997) para águas de reúso aplicadas em descargas de vasos sanitários.

Tabela 17 – Limites de qualidade estabelecidos para reúso em descargas de vasos sanitários

Parâmetros	Classe 1 (ANA <i>et al.</i> , 2005)	Classe 3 (NBR 13969, 1997)
pH	6 e 9	
Cor (UH)	≤ 10	
Turbidez (NTU)	≤ 2	< 10
Óleos e Graxas (mg/L)	≤ 1	
DBO (mg/L)	≤ 10	
Coliforme Fecal (NMP/100 mL)	Não detectáveis	< 500
Compostos orgânicos voláteis	Ausentes	
Nitrato (mg/L)	≤ 10	
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	≤ 20	
Nitrito (mg/L)	≤ 1	
Fósforo Total (mg/L)	$\leq 0,1$	
SST (mg/L)	≤ 5	
SDT (mg/L)	≤ 500	

Fonte: Adaptado de Bazzarella (2005).

3.6.5.3 Sistemas de tratamento

De acordo com Gonçalves (2006), devido às características físico-químicas e biológicas que as águas cinzas apresentam, os seus processos de tratamento se assemelham aos utilizados em estações de tratamento de esgoto sanitário, apesar de serem mais simples, uma vez que não utilizam águas negras (originárias do sistema sanitário), além de as águas tratadas serem destinadas a usos não potáveis nas edificações.

Em Bazzarella (2005), vários tipos de tratamento que podem ser utilizados para o reuso das águas cinzas são discutidos, desde sistemas simples, como filtração seguida de desinfecção, até mais complexos como uso de membranas. Apesar das diferenças, grande parte destes autores concorda que o tratamento deve envolver três níveis: primário, secundário e terciário. Conforme Gonçalves (2009), a proposta é que se tenha uma estação que agregue estes três níveis, definida como Estação de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC).

a) Tratamento Primário:

Conforme Gonçalves (2006), apesar de haver aparelhos como ralos e grelhas nas instalações hidrossanitárias, ainda ocorre a presença de sólidos como cabelos, tecido e areia nas águas residuais. Assim, torna-se necessária uma filtração sólido-líquida.

Segundo Bazzarella (2005), em experimentos realizados, removeu-se o material suspenso através de um sistema de filtros com três estágios: pré-filtração (remoção de sólidos grosseiros do efluente de lavanderia, chuveiro e banheira), filtro de peneira (coleta principalmente de cabelo, partículas de sem sabões, fibra de tecidos) e filtro fino (retenção dos precipitados e do material sedimentado). Há situações em que um tanque de equalização possa ser necessário para complementar essa fase do tratamento devido à grande variância de vazão de água cinza que o local vir a apresentar. O intuito deste tanque seria a regularização de carga e vazão.

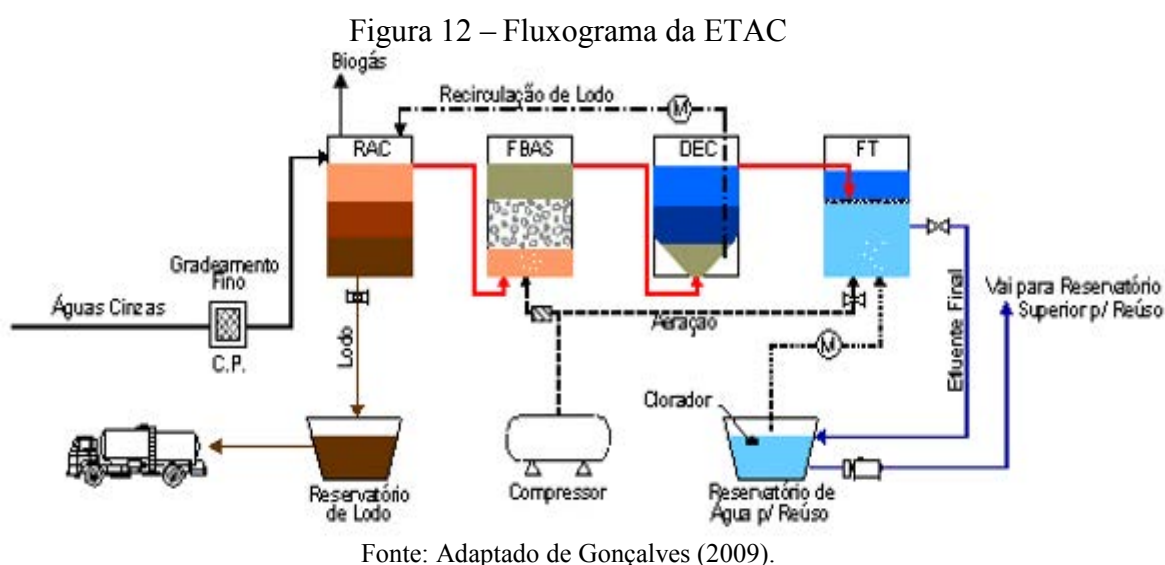
b) Tratamento Secundário:

Conforme Gonçalves (2009), é nessa etapa que a matéria orgânica, proveniente de pias e chuveiros é degradada em compostos mais simples, como CO_2 e CH_4 . A ETAC, analogamente à Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), pode utilizar tratamentos com sistemas aeróbios, anaeróbios, ou uma combinação de ambos.

Os sistemas anaeróbios degradam a matéria orgânica sem a presença de oxigênio, através da biomassa em seus compartimentos, a exemplo do *Upflow*

Anaerobic Sludge Blanket (UASB) e do reator anaeróbio compartimentado (RAC). Como tratamento complementar, Bazzarella (2005) utilizou o filtro biológico aerado submerso (FBAS), um sistema aeróbio, como pós-tratamento do RAC.

O FBAS é um reator composto por um tanque preenchido com material poroso, biomassa fixa e leito fluidizado, no qual se tem o biofilme, responsável pela fluência da água cinza e do ar. Esta associação de sistemas aeróbios (que removem a turbidez) e anaeróbios (degradam a matéria orgânica) compõe uma forma de tratamento secundário defendido por diversos autores (VALENTINA, 2009). A Figura 12 demonstra o sistema discutido, com a associação entre o FBAS e o RAC na ETAC.



c) Tratamento Terciário:

A última etapa visa a desinfecção e eliminação de agentes patogênicos da água. As principais tecnologias de desinfecção são sistemas de raios ultravioletas, ozônio, peróxido de hidrogênio e, principalmente, compostos de cloro. Segundo Nunes (2009), estes são comumente empregados com dosagens que variam de 5 a 15 mg/L, com um tempo de contato recomendado de 30 minutos a 2 horas. Entretanto, ressalta-se a importância de se remover o cloro residual, uma vez que sua reação com a amônia pode resultar em sabor na água, cuja remoção pode ser realizada pela adsorção de carbono ativado.

Quando se tem como uso final da água de reuso para descargas de bacias sanitárias, Bazzarella (2005) expõe que o tratamento terciário é necessário devido à existência de riscos à saúde associados a respingos e aerossóis que ocorrem com o uso do banheiro. Gonçalves (2009) listou as tecnologias utilizadas para o tratamento de águas cinzas em

diversas pesquisas, conforme o Quadro 8, verificando-se que não há uma metodologia definida propriamente dita que se aplique no que diz respeito ao tratamento dessas águas residuais.

Quadro 8 – Tecnologias para o tratamento de águas cinza em diferentes locais do mundo

Autor/ local	Tecnologia	Escala volume/vazão
Surendran e Wheatley, 1998 Inglaterra	Biofiltro aerado + filtro lento	Moradia estudantil com 40 pessoas
Nghiem <i>et al.</i> , 2006 Austrália	Ultrafiltração por membranas de fibra submersas	Piloto V= 2,25 L
Lesjean <i>et al.</i> , 2006 Alemanha	Filtro plantado com macrófitas de fluxo vertical	10 apt residenciais+ 1 escritório comercial Q=4,8 m³.dia
Goddard, 2006 Austrália	Reator com membrana + desinfecção UV	100 apartamentos residenciais
Morse <i>et al.</i> , 2007 Estados Unidos	Filtro anaeróbio + reator com membranas de fibra- aerado	Piloto V= 1,6L
Ghisi e Ferreira, 2007 Florianópolis/ Brasil	Filtro plantado com macrófitas de fluxo horizontal	Prédio multiresidencial
Gross <i>et al.</i> , 2007 Israel	Filtro biológico vertical com recheio de brita e material plástico- com recirculação de efluente	Piloto V= 35L
Lamine <i>et al.</i> , 2007 Tunísia	Reator sequencial em batelada	Piloto V= 11L
Paulo <i>et al.</i> , 2007 Brasil	Filtro plantado com macrófitas de fluxo horizontal	Residência 2 pessoas
Merz <i>et al.</i> , 2007 Marrocos	Reator biológico com membranas	Piloto
Gilboa e Friedler, 2008 Israel	Biodisco + decantação	14 apartamentos residenciais
Gual <i>et al.</i> , 2008 Inglaterra	Pré-cloração + filtro de areia + pós-cloração	Hotel Q= 26,7 m³.dia
Gross <i>et al.</i> , 2007 Israel	Filtro plantado com macrófitas de fluxo vertical- com recirculação de efluente	Piloto V= 1000L
Pidou <i>et al.</i> , 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 multirresidencial

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2009).

Frankel (2004) descreve, pela Tabela 18, algumas etapas durante o sistema de tratamento de águas cinzas e compara valores percentuais em relação à remoção de sólidos suspensos, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Fosfatos, Nitrogênio e sólidos dissolvidos totais de acordo com o processo.

Tabela 18 – Eficiências dos métodos de tratamento da água cinza

Processo	Percentual de remoção					
	Sólidos suspensos	DBO	DQO	Fosfato (PO ₄)	Nitrogênio	Sólidos dissolvidos totais
Filtração	80	40	35	0	0	0
Coagulação/filtração	90	50	40	85	0	15
Cloração	0	20*	20*	0	0	0
Água tratada	95	95	90	15-60	50-70	80
Absorção (filtração por carbono)	0	60-80	70	0	10	5

*possibilidade de remoção adicional com supercloração e tempo de contato prolongado

Fonte: Adaptado de Frankel (2004).

3.6.5.4 Legislação referente ao reuso de águas cinzas

Como já citado, ainda não existem normas brasileiras específicas para reuso de água, o que prejudica a difusão desses sistemas. Em relação às águas cinzas, as principais referências adotadas são a NBR 13969 (ABNT, 1997), Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, Construção e Operação, o Manual de Conservação e reuso de Águas em Edificações (ANA *et al.*, 2005) e o *Guidelines for Water Reuse* (EPA).

Conforme Hafner (2007), apesar da falta de normatização que abranja o Brasil como um todo, o reuso de águas servidas é incentivado por alguns programas municipais de conservação e uso racional de água. Por exemplo, em Curitiba, a Lei n. 10.785, de 18 de setembro de 2003, estabelece que:

Artigo 8 - As Águas Servidas serão direcionadas, através de encanamento próprio, a reservatório destinado a abastecer as descargas dos vasos sanitários e, apenas após tal utilização, será descarregada na rede pública de esgotos. (CURITIBA, 2003).

3.7 CONSUMO DE ÁGUA NOS CANTEIROS DE OBRA

Apesar de já existirem estudos mais aprofundados a respeito da água ao longo da vida útil das edificações, pouco ainda se discute em relação ao uso da água nas atividades de construção civil nos canteiros de obra. De acordo com Souza (2000), o canteiro de obras pode ser considerado como uma fábrica cujo produto final é o edifício. Conforme as normas vigentes, o canteiro de obras deve ser analisado sob efeitos de processos produtivos e como espaço de vivência, e é definido como:

- “Área de trabalho fixa e temporária, onde se desenvolvem as operações de apoio e execução de uma obra”, segundo a NR 18 (MTE, 2015).
- “Conjunto de áreas destinadas à execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção, dividindo-se em: áreas operacionais e áreas de vivência”, segundo a NBR 12284 (ABNT, 1991).

Pelo fato de o canteiro de obras ser considerado um local provisório, suas instalações são executadas, frequentemente, de forma precipitada por mão de obra desqualificada e sem planejamento. O termo provisório é interpretado muitas vezes de forma errônea, sendo confundido com precário, aumentando riscos de falhas, desperdícios, consumos excessivos de água, vazamentos e outras manifestações patológicas relacionadas (PINTO NETO, 2013).

Para diminuir os impactos ambientais, desperdícios de materiais e de tempo, baixa produtividade e qualidade de trabalho, a NR 18 normatiza procedimentos para direcionar, racionalizar, planejar e otimizar as etapas do canteiro de obras. Isto da maneira mais sustentável possível, reduzindo, reutilizando e reciclando materiais, além de organizar o ambiente, melhorando as condições, o espaço e o tempo de trabalho, buscando-se maior rendimento (FONSECA, 2013). Destacando-se os itens relacionados com a utilização de água no canteiro pela NR 18 (MTE, 2015), tem-se:

- Refeitórios: No interior ou nas proximidades do refeitório, devem-se ter lavatórios para a lavagem de mãos e de marmitas. Em caso de preparo de refeições na própria obra, a cozinha deverá ter pia e equipamentos de refrigeração.
- Bebedouros: Deve-se fornecer água potável, filtrada e fresca para os trabalhadores, por meio de bebedouros de jato inclinado ou equipamentos que

garantam as mesmas condições, na proporção de 1 (um) para cada 25 (vinte e cinco) trabalhadores.

- Instalações hidrossanitárias: É obrigatório ter vestiário com instalações hidrossanitárias para a troca de roupa dos operários e a higiene pessoal. Um conjunto composto de lavatório, bacia sanitária e mictório, deve existir na proporção de um para cada 20 (vinte) trabalhadores, e um chuveiro para cada 10 (dez) funcionários.

Estima-se também que o consumo de um operário não alojado é estimado em até 45 litros por dia, não estando inclusa a refeição. O valor passa para 65 litros por dia caso a refeição seja preparada na própria obra (PINTO NETO, 2013). Conforme aborda Pessarello (2008), além de a água ser matéria prima para vários materiais de construção civil, ela é necessária para a higiene dos operários. Portanto, deve-se ter quantidade e qualidade de água que atenda às necessidades.

Focos de desperdício de água podem ser vistos frequentemente em locais de obras devido às atividades e processos no canteiro, a exemplo de rachaduras em reservatórios, vazamentos em canos, infiltrações, gastos excessivos em lavagem de fachadas ou limpeza em geral, dentre outros. Além dos efeitos negativos no meio ambiente, proporcionados pelas atividades e pelo consumo de recursos no canteiro de obras, deve-se atentar também para os cuidados a serem tomados no tocante aos trabalhadores, vizinhança e sociedade (ARAÚJO, 2009).

O consumo de água no processo construtivo de um edifício sofre variações de acordo com as diferentes etapas da obra, e devem ser levadas em consideração no dimensionamento das instalações hidráulicas e sanitárias para que a demanda de água possa ser atendida, quando a construção estiver em seu pico e consequente aumento de consumo do recurso. Dessa forma, as variações de água devem ser estudadas para que a mesma não falte em algum possível momento em que a quantidade fornecida pela rede externa seja menor que a necessária para atender a obra (PINTO NETO, 2013).

3.8 CONSERVAÇÃO DA ÁGUA EM CANTEIROS DE OBRA

Em relação à gestão da água nos canteiros de obras, apesar de se notar algumas pesquisas e orientações com propostas de minimização e controle do consumo, ainda não há implantação massiva dessas medidas, devido talvez à falta de fiscalização das

normalizações estaduais e nacionais (ZEULE; SERRA, 2014). De maneira geral, apesar da crise hídrica no Sudeste em 2014, os profissionais envolvidos nas atividades construtivas não são adeptos à racionalização do uso de água em ambientes de obra, devido principalmente ao receio e risco financeiro de se adotar práticas e técnicas que fogem dos padrões convencionais (KATAOKA; FREITAS, 2017).

De acordo com Nunes (2009), o desenvolvimento sustentável prioriza, principalmente, a redução de recursos através de métodos de avaliação em edificações com o objetivo de verificar as aplicações sustentáveis. Em relação à água, ações são analisadas com implantação de tecnologias economizadoras, sistemas de medição individualizada, e utilização de fontes alternativas. Peixoto (2008) apresenta um resumo das atividades relacionadas com a implantação de fontes alternativas de água em edificações, as quais são avaliadas pelos métodos de avaliação sustentáveis (Quadro 9).

Quadro 9 – Parâmetros de fontes alternativas, avaliados pelos métodos de indicadores sustentáveis em edificações

Método de avaliação	Atividade avaliada referente ao uso de fontes alternativas de água
SBTool	Redução do volume de água cinza encaminhado ao sistema coletor de esgoto através de implantação de sistemas de reuso
Leed	Utilização de efluente tratado para irrigação, de forma a reduzir o volume de água potável
HQE	Utilização de efluente tratado em atividades que prescindam de água potável de forma a reduzir o consumo de água "nobre"
CASBEE	Redução do volume de esgoto gerado e direcionado à rede coletora, através de sistema de reuso

Fonte: Adaptado de Peixoto (2008).

Apesar da água não ser vista como material de construção propriamente dito, o seu consumo é consideravelmente elevado nos serviços de construção civil. Por exemplo, para um metro cúbico de concreto, se gasta em média 160 a 200 litros e, na compactação de um metro cúbico de aterro, até 300 litros de água (PINTO NETO, 2013). Como se verifica no Quadro 10, nem sempre a potabilidade da água é necessária nas atividades operacionais e de vivência no canteiro de obras, o que torna práticas de reuso para fins não potáveis, viáveis do ponto de vista sustentável. Deve-se ressaltar que as águas de reuso, apesar de não apresentarem padrões de potabilidade, devem possuir a qualidade mínima necessária de acordo com a classe das atividades de reuso.

Quadro 10 – Atividades no canteiro de obras que envolvem água

Atividades do canteiro	Uso de água não potável
Compactação de aterros	X
Confeção de concreto e argamassas	X
Consumo dos funcionários	
Cura de concreto	X
Descarga de vasos sanitários	X
Extintores	X
Higiene hidrossanitária dos funcionários	
Lavagem de equipamentos e máquinas	X
Limpeza das áreas operacionais e de vivência	X
Resfriamento de equipamentos e máquinas	X
Saturação de formas de madeira	X
Solvente de desmoldantes de formas	X
Solvente de tintas	X
Testes de impermeabilização	X
Testes de vazão	X

Fonte: Produção do próprio autor.

Assim como em edificações finalizadas, a gestão de água nos canteiros de obra deve ser relacionada com a conservação da água. De acordo com a revisão bibliográfica realizada, sugerem-se ações que implicam na demanda e oferta de água nos canteiros de obra:

- a) Ações relacionadas à demanda de água no ambiente construtivo
 - **Estudos a respeito do abastecimento de água:** devido à alta demanda de água que os serviços proporcionam nas diversas fases da construção, um estudo deve ser realizado antes da implantação do canteiro de obras, de maneira que não falte água durante as atividades. Pedidos de ligação nas concessionárias devem ser feitos caso existam redes no local, caso contrário, é necessário planejar maneiras alternativas de suprimento, a exemplo de caminhões pipa e construção de uma rede temporária (FLAVIO; ESASIKA; SANTOS, 2015);
 - **Mapeamento dos locais que demandam água no canteiro:** Deve-se planejar a distribuição dos pontos de ligação provisória de água em locais próximos às frentes de trabalho, de forma a evitar perdas no canteiro de obras, referentes ao rendimento das atividades que envolvam água (PINTO NETO, 2013);
 - **Dimensionamento do hidrômetro de obras:** erros consideráveis podem ocorrer em locais de vazões fora dos limites das quais o hidrômetro foi dimensionado, podendo-se haver perdas exageradas, restrição da vazão, resultando gastos com

manutenções e aferições. Por isso, deve-se considerar os intervalos de vazões no canteiro antes de executar o cavalete definitivo do hidrômetro responsável pelas medições ao longo da construção (REIS; PAULA; OLIVEIRA, 2004).

- **Medição setorizada:** a setorização da medição do consumo de água emprega medidores individuais para identificar os consumos e desperdícios de cada área de trabalho (JOHN; PRADO, 2010).
- **Controle do consumo humano:** deve-se estabelecer um sistema de gestão de água com monitoramento do consumo, a partir da instalação de hidrômetro específico para as áreas de vivência, como ambientes sanitários, refeitórios e torneiras de lavagem para uso dos alojamentos (ANA *et al.*, 2005). Na maior parte dos casos, as concessionárias enquadram o canteiro de obras na categoria industrial e, através dos hidrômetros, faz-se o registro do volume consumido e a emissão da conta d'água (FLAVIO; ESASIKA; SANTOS, 2015);
- **Sensibilização dos funcionários:** recomenda-se divulgar o consumo mensal de água no canteiro de obras para conscientização dos funcionários (ANA *et al.*, 2005). Nesse aspecto, atividades a respeito da importância do estado das instalações provisórias, da identificação de falhas e vazamentos nas mesmas além das ações corretas das etapas das atividades que envolvem a racionalização do recurso, também contribuem para uma maior sensibilização dos envolvidos (REIS; SOUZA; OLIVEIRA, 2004);
- **Manutenção periódica:** As instalações do canteiro devem ser vistoriadas, verificando-se possíveis existências de vazamentos, além da limpeza periódica de tanques sépticos, caixas de gordura, etc. Quando feitas de forma errônea, as instalações de esgoto do canteiro ligadas à rede pública podem apresentar vazamentos e, por consequência, percolação do esgoto pelo solo, contaminando águas superficiais, subterrâneas, como também o subsolo, gerando riscos à saúde dos trabalhadores e da vizinhança. (ARAÚJO, 2009);
- **Equipamentos economizadores:** sugere-se a utilização de dispositivos diferentes dos convencionais que gerem menor consumo de água, de maneira a compensar financeiramente o investimento inicial, a exemplo de vasos de caixa acoplada e chuveiros com válvula temporizada (REIS; SOUZA; OLIVEIRA, 2004); Equipamentos que reduzam o consumo de água não são comuns em canteiros em razão do custo adicional gerado e pelo paradigma cultural no país,

que por sua vez, não prioriza a questão do uso racional de água durante o período de obras das construções (KATAOKA; FREITAS, 2017);

- **Utilização de banheiros químicos:** apresentam fácil manutenção e não necessitam de redes de água e esgoto, prevenindo os constantes problemas de funcionamento. Além de proporcionarem economia de água no canteiro de obras, os banheiros químicos também contribuem para uma maior produtividade, pois podem ser distribuídos em diversos pontos da construção, diminuindo-se o tempo de acesso dos funcionários ao mesmo (REIS; SOUZA; OLIVEIRA, 2004). Também se torna mais fácil atender à NR 18 (MTE, 2015) que prevê que o trabalhador não caminhe mais que 150 m até um banheiro.

b) Ações relacionadas à oferta de água no ambiente construtivo

- **Abastecimento de água por poços artesianos, semi-artesianos, caminhões pipa ou por águas captadas em mananciais próximos (quando for possível):** quando não se tem abastecimento de água pela rede pública disponível, o canteiro de obras pode ser alimentado por formas alternativas. Nestes casos, de acordo com a finalidade para a qual a água será utilizada, deve-se realizar monitoramento da qualidade da água (REIS; SOUZA; OLIVEIRA, 2004);
- **Reuso de águas de lavagem:** planeja-se o recolhimento das águas de lavagem de equipamentos, rodas de veículos, etc., em uma área específica com dispositivo para recuperação e decantação de águas com material particulado (argamassas, gesso, etc.), retirando o material recolhido à caçamba de coleta de resíduos adequada, de forma a possibilitar o reuso da mesma (ARAÚJO, 2009);
- **Sistemas de captação de águas de chuva:** as águas pluviais podem ser empregadas em testes de estanqueidade de estruturas, a exemplo de lajes e cisternas impermeabilizadas, em vasos sanitários ou limpezas de caminhões e equipamentos (PINTO NETO, 2013). De forma geral, empecilhos relacionados ao investimento e retorno financeiro do sistema encontram resistência para sua implantação, devido ao retorno financeiro de médio a longo prazo.

Ressalta-se que, uma vez utilizada uma fonte alternativa de água, a responsabilidade pela gestão dessa fonte e riscos envolvidos por tal aplicação será da construtora e, dessa forma, aconselha-se que essa decisão seja apoiada por especialistas da área (ANA *et al.*, 2005). Além disso, devem-se distinguir as tubulações referentes à água potável e a de reuso.

4 METODOLOGIA

Neste trabalho faz-se uma proposta de implantação de medidas de redução e reaproveitamento de água em um edifício residencial de maneira a se analisar alternativas que economizem o recurso, e que sejam benéficas dos pontos de vista ambiental e financeiro. Para tanto, incluiu-se aspectos e se estimou parâmetros da edificação como: número de pavimentos, número de apartamentos, número de moradores, aparelhos que utilizam água, volume estimado de efluentes gerados pelos habitantes, consumo médio de água por apartamento, área de captação de águas pluviais e usos internos e externos de água não potável.

Para determinada edificação, valores relativos aos custos de implantação de medidas de redução e sistemas de reuso de água foram estimados e a economia média gerada pelas mesmas foi calculada, adotando-se as tarifas de água e esgoto da Sabesp, de maneira a se analisar o custo-benefício do sistema proposto. As medidas resumiram-se em:

- Dispositivos economizadores de água;
- Uso de águas pluviais para fins não potáveis;
- Reuso de águas cinzas para fins não potáveis.

Além disso, em anexo ao trabalho foi feito um modelo de planilha de modo que o consumo de água nos canteiros de obra tenha um maior controle (APÊNDICE A). Conforme Novis (2014), PQBP-H estabelece como requisito para o seu processo de certificação em obras (para os campos de Consumo de Água, Energia e Geração de Resíduos), práticas de medições mensais, conforme o número de trabalhadores e atividades construtivas. Essas ações podem ser feitas por meio de uma ferramenta de gestão no canteiro, quantificando-se o consumo de água (através das tarifas de água), por metro quadrado de construção, números de operários e fase da construção.

4.1 ESTIMATIVA DO CONSUMO DE ÁGUA ATRAVÉS DA VAZÃO MÉDIA DE EFLUENTES

O cálculo da contribuição de despejos ou da vazão de esgotos, também chamada de vazão doméstica média, é dado pela equação (1). Deve ser considerado, para cálculos da contribuição dos despejos, um coeficiente de retorno que é a fração da

água fornecida que adentra à rede de coleta na forma de esgoto. Estes valores variam de 60% a 100%, sendo usualmente adotado um valor de 80% (BRAGA, 2009).

$$Q_m = P \times QPC \times R \quad (1)$$

Onde:

- P é o número de habitantes da edificação;
- R é o Coeficiente de retorno de 80%;
- QPC representa o consumo *per capita* de água em L/ hab.dia;
- Qm é a vazão ou volume de contribuição média diária de esgoto em l/dia.

A estimativa do consumo *per capita* de água na edificação foi feita através dos valores referenciados pela NBR 13969 (ABNT, 1997), como se verifica na Tabela 19, através da contribuição diária de esgoto, conforme o tipo de ocupante, bem como as devidas proporções consumidas em cada aparelho hidráulico-sanitário (Tabela 20).

Tabela 19 – Estimativas de consumo conforme a NBR 13969 (ABNT, 1997)

Prédio	unidade	Contribuição de esgoto (litros/dia)
1. Ocupantes permanentes		
Residência padrão alto	pessoa	160
Residência padrão médio	pessoa	130
Residência padrão baixo	pessoa	100
Hotel	pessoa	100
Alojamento provisório	pessoa	80
2. Ocupantes temporários		
Fábricas em geral	pessoa	70
Escritórios	pessoa	50
Edifício público/ comercial	pessoa	50
Escolas e locais de longa permanência	pessoa	50
Restaurantes e similares	pessoa	25
Cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	2
Sanitários públicos	bacia	480

Fonte: Adaptado da NBR 13969 (ABNT, 1997).

Tabela 20 – Vazão por unidade hidráulico-sanitária

Consumo interno	Vazão por unidade hidráulica-sanitária
Vaso sanitário	0,30 Qm
Pia de cozinha	0,19 Qm
Chuveiros	0,20 Qm
Lavatório	0,13 Qm
Máquina de lavar roupa	0,18 Qm
Total	1,00 Qm

Fonte: Adaptado de Braga (2009).

4.2 UTILIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES

Com o auxílio da Tabela 4, foram abordados equipamentos hidráulicos convencionais como torneiras e chuveiros, e comparados com dispositivos alternativos que reduzam a demanda de água. De acordo com a redução gerada por cada equipamento, uma comparação foi feita entre o volume de demanda inicial (sem medidas redutoras) com o volume de demanda final, após a aplicação dos dispositivos economizadores.

Após definir os dispositivos economizadores adotados na edificação, realizou-se uma pesquisa de preços com fornecedores e adotou-se um custo médio para cada dispositivo, estimando-se o custo de implantação dos mesmos em todos os apartamentos da edificação.

4.3 REUSO DE ÁGUAS CINZAS

O sistema de reuso de águas cinzas foi dimensionado através do cálculo da vazão diária destas águas da edificação. Através de uma consulta em uma empresa especializada, decidiu-se os componentes necessários para a implantação da ETAC e o tratamento proposto, além dos custos de implantação da mesma. Foram feitos cálculos para dimensionar os reservatórios destinados à água cinza de reuso e se estimou os custos do sistema, considerando gastos com mão de obra, tubulações, conexões e motor-bomba (necessário para o bombeamento de água dos reservatórios).

4.3.1 Cálculo da vazão média de água cinza

Para o cálculo do volume das águas cinzas claras geradas mensalmente, deve-se separar a quantidade do efluente doméstico de águas negras, relativas ao vaso sanitário e a pia de cozinha, do efluente gerado pelo chuveiro, lavatórios, máquina de lavar roupas.

Dessa forma, para o sistema de reuso de águas cinzas, deve-se estimar o volume de água cinza gerado e a vazão para se dimensionar a quantidade a ser tratada e a ser armazenada nos tanques de reuso. O cálculo da vazão média de esgoto de água cinza clara é igual ao somatório do percentual das unidades hidráulicas-sanitárias da

máquina de lavar roupa, do chuveiro e do lavatório, resultando um percentual de 0,51 Qm, dado pela equação (2). As águas residuais da pia de cozinha foram consideradas como negras devido ao alto teor de matéria orgânica

$$Q_{cinza} = 0,51 \times Q_m \quad (2)$$

Conforme aborda Braga (2009), o consumo de água e a geração de esgotos variam ao decorrer do dia (variações horários), da semana (variações diárias) e do ano (variações sazonais). Por isso, adotam-se os seguintes coeficientes de variação da vazão média de água adotados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb):

- $k_1 = 1,2$ (coeficiente relativo ao dia de maior contribuição de esgoto);
- $k_2 = 1,5$ (coeficiente relativo à hora de maior contribuição de esgoto);
- $k_3 = 0,5$ (coeficiente relativo à hora de menor contribuição de esgoto).

Assim, pelas equações (3) e (4) podem ser dadas, respectivamente, as vazões máxima e mínima de efluentes:

$$Q_{\max} = Q_m \times k_1 \times k_2 = 1,8 Q_m \quad (3)$$

$$Q_{\min} = Q_m \times k_3 = 0,5 Q_m \quad (4)$$

4.3.2 Implantação da ETAC

Como visto, o tratamento para reuso de águas cinzas pode ser realizado de diversas maneiras, principalmente em relação à desinfecção e, além disso, não há normas técnicas específicas que definam o tipo de tratamento a ser adotado. De acordo com os valores de vazão calculados e as características da edificação estudada, além do número estimado de moradores e a contribuição de esgoto média por habitante, empresas especializadas foram consultadas, de maneira a dispor de um orçamento preliminar com um sistema de reuso de águas cinzas com tratamento adequado para para fins não potáveis, mais especificamente, em vasos sanitários.

4.3.3 Reservatórios de reuso de água cinza

Após definir a implantação da ETAC, calculou-se o volume do reservatório destinado às águas cinzas tratadas para as atividades de reuso na edificação. A NBR

5626 (ABNT, 1998) estabelece que o volume de água reservado deve ser o mínimo necessário para atender 24 horas de consumo normal do edifício, sem considerar o volume de reserva de água para combate a incêndio.

Nesse caso, o consumo que se especificou foi apenas para o uso de vasos sanitários e não foi prevista a utilização de águas de reuso para extintores de incêndio. Portanto, a vazão diária de águas cinza obtida pela equação (2) foi utilizada como parâmetro relativo ao consumo diário (C_d). Adotou-se também reservatórios com capacidade suficiente para dois dias de consumo, devido a uma possível falta de abastecimento de água, e considerando que o reservatório inferior armazene 60% e o superior 40% do consumo. Dessa forma, para o cálculo do volume dos reservatórios, utilizou-se as equações (4), (5), (6) e (7).

$$C_d = Q_{m, \text{cinza}} = 0,51 Q_m \quad (4)$$

$$V = (C_d + I) \times T \quad (5)$$

$$V_{\text{sup}} = 0,40 \times V \quad (6)$$

$$V_{\text{inf}} = 0,60 \times V \quad (7)$$

Onde:

- C_d é o volume de consumo diário estimado para os vasos sanitários;
- I é o volume da reserva de incêndio;
- T é o tempo de consumo;
- V é o volume total demandado;
- V_{sup} é o volume calculado para o reservatório superior;
- V_{inf} é o volume calculado para o reservatório inferior.

4.3.4 Bombeamento de água cinza para reuso

A vazão e a potência da bomba utilizada para o bombeamento da água tratada (do reservatório inferior para o superior) foram as mesmas previstas em projeto para os reservatórios de água potável da edificação abordada. Para o bombeamento de água em instalações elevatórias, adotou-se a instalação de duas moto-bombas independentes para garantir o abastecimento de água, no caso de falha de uma das unidades, conforme a

NBR 5626 (ABNT, 1998) recomenda. O tempo de enchimento adotado, ou seja, de funcionamento das bombas, será de 6 horas.

4.3.5 Custos do sistema de reuso de água cinza

Para se quantificar o custo de implantação do sistema foram utilizados os custos estimados referentes à implantação da ETAC (levantados juntamente com a empresa consultada), aos reservatórios superiores e inferiores de águas cinzas tratadas, ao conjunto moto-bomba e às tubulações e conexões.

Conforme aborda Ferreira (2005), em estudos similares de implantação de sistemas de reuso, os custos com tubulações e conexões foram estimados em função de um percentual de 15% do custo total de implantação.

Os custos de operação das bombas, devido à energia elétrica que será consumida em função do bombeamento de água de reuso para o reservatório superior, também foram estimados e tiveram seus valores descontados durante a análise da economia gerada pelo sistema, com o auxílio do simulador *online* da Eletropaulo (2017). A AES Eletropaulo é a companhia que distribui a maior quantidade de energia no país, atuando na cidade de São Paulo e de mais 23 municípios.

4.4 REUSO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Pelo fato do presente trabalho estudar um edifício residencial verticalizado, considerou-se que a área de captação que a mesma apresenta é insuficiente para captar água pluvial de forma a atender a demanda interna dos apartamentos.

Entretanto, as águas de chuva podem ser usadas em atividades de uso comum e relativas às áreas externas. Conforme Hafner (2007), atividades como rega de jardins ou lavagem de pisos e de carros, não exigem tratamento complementar das águas pluviais, necessitando-se apenas da remoção de impurezas pelo sistema de descarte das primeiras chuvas.

Assim, estimou-se a demanda externa de água e elaborou-se um orçamento preliminar de forma a analisar os custos de implantação do sistema de reuso de águas pluviais. Para o cálculo do custo economizado, considerou-se um medidor a parte para o volume de água que seria utilizada se não houvesse reuso das águas pluviais.

4.4.1 Demanda externa

Para o cálculo da demanda externa de água não potável, utilizou-se os valores referenciados por Tomaz (2003) na Tabela 21. Caracterizando-se a área de uso comum do térreo do edifício, estima-se o volume de água pluvial a ser utilizado.

Tabela 21 – Demanda externa de água não potável

Uso da água	Faixa de valores	Frequência de uso
Lavagem de piso interno/ rega de jardim	2 L/dia/ m ²	2 vezes/ semana
Mangueira de jardim/ lavagem	50 L/dia	20 vezes/mês

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003).

4.4.2 Dimensionamento do reservatório

Para o cálculo do reservatório da cisterna de reuso de águas pluviais, utilizou-se o Método de Simulação, recomendado pela NBR 15227 (ABNT, 2007). Apesar de a norma sugerir métodos mais simples de cálculo, neste trabalho é adotado e fixado um volume para o reservatório e, com base nos cálculos, estima mensalmente se o volume do reservatório será o suficiente para atender aos usos previstos e se precisará ou não de suprimento de água por outras fontes, para atender às demandas.

Conforme a NBR 15227 (ABNT, 2007), desconsiderando-se a perda de água por evaporação, para um determinado mês, aplicou-se a equação da continuidade a um reservatório finito, como se verifica nas equações (8) e (9).

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t) \quad (8)$$

$$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação} \quad (9)$$

Sendo que: $D \leq S(t) \leq V$

Onde:

- $S(t)$ é o volume de água no reservatório no tempo t ;
- $S(t-1)$ é o volume de água no reservatório no tempo $t - 1$;
- $Q(t)$ é o volume de chuva no tempo t ;

- $D(t)$ é o consumo ou demanda no tempo t ;
- V é o volume do reservatório fixado;
- C é o coeficiente de escoamento superficial.

Para este método, duas hipóteses devem ser feitas: o reservatório está cheio no início da contagem do tempo e os dados históricos são representativos para as condições futuras. Uma planilha em Excel foi elaborada para agilizar os cálculos e compará-los para valores de demanda referentes ao consumo interno de água não potável (descargas em vasos sanitários), e de demanda externa (lavagem de pisos, *playground* e jardim).

4.4.3 Custo de implantação

Em relação à captação das águas das chuvas, pela Lei do Estado de São Paulo n. 12.526, de 02 de janeiro de 2007, os empreendimentos com mais de 500 m² obrigatoriamente devem ter um sistema de captação pluvial e um reservatório de acumulação que conduza a água para a rede pública de drenagem, ou que a possibilite infiltrar no solo ou que seja utilizada para usos não potáveis (caso as edificações tenham reservatório específico para tal finalidade). Portanto, considerou-se que calhas e tubos de queda para captação de águas pluviais já devem estar previstos em projeto e implantados na edificação.

Para os custos de implantação do sistema de reuso de águas pluviais, serão considerados apenas gastos relativos à cisterna de armazenamento e seus componentes, a exemplo do filtro destinado aos materiais grosseiros. O sistema não contará com motor-bomba e a água será conduzida apenas por gravidade, uma vez que os usos previstos são simples e de pequena importância quando comparados com os usos de demanda interna.

4.5 ESTIMATIVA DO CONSUMO DE ÁGUA APÓS APLICAÇÃO DAS MEDIDAS DE REDUÇÃO E DE REUSO

Supondo-se a aplicação dos dispositivos economizadores e sistemas de reuso de águas, estima-se o novo volume de água demandado e a sua redução em comparação ao volume de consumo inicial da edificação (item 4.1). De acordo com a redução

proporcionada pelas medidas racionais, o custo da tarifa será calculado e sua economia financeira será estimada.

4.6 ESTIMATIVAS DOS CUSTOS DAS TARIFAS DE ÁGUA E ESGOTO

Em razão da estimativa do consumo de água na edificação em m³/mês, calcula-se o consumo médio de cada apartamento pela equação (10).

$$C_m = \frac{C_t}{N_{apt}} \quad (10)$$

Onde:

- C_m é o consumo mensal médio de água por apartamento;
- C_t é o consumo total de água na edificação;
- N_{apt} é o número de apartamentos da edificação.

De acordo com o Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE), deve-se distribuir o volume faturado da conta de água (tarifas de água e esgoto) por faixa de consumo. O consumo dos primeiros 10 (dez) m³ de água tem o valor associado a uma tarifa mínima. Após esse valor, deve-se multiplicar os valores restantes, em m³, pelo valor de excedente de acordo com cada faixa de consumo correspondente.

Apesar do município de Mauá não ser atendido pela Sabesp, adotou-se os custos e as faixas de consumo da concessionária, sendo representadas na Tabela 22. O motivo para tal adoção é o grande número de regiões que a mesma atende em São Paulo, inclusive os municípios vizinhos à região do ABC Paulista, como Santo André e São Bernardo.

Tabela 22 – Faixas de consumo adotadas pela Sabesp em 2017

Faixa de consumo	Tarifa de Água	Tarifa de Esgoto
Até 10 m ³ (tarifa mínima)	R\$ 22,38/ mês	R\$ 22,38/ mês
De 11 m ³ a 20 m ³	R\$ 3,50 / m ³	R\$ 3,50/ m ³
De 21 m ³ a 50 m ³	R\$ 8,75 / m ³	R\$ 8,75/ m ³
Acima de 50 m ³	R\$ 9,64 / m ³	R\$ 9,64/ m ³

Fonte: Modificado de Sabesp (2017)

Conforme esse valor calculou-se um valor médio para a conta mensal de água de cada apartamento (T_m), considerando-se para efeitos de comparação, as seguintes situações:

- a) **Medição média inicial por apartamento:** A partir do consumo médio de água potável por apartamento (C_m), calculou-se o custo médio da conta de água por apartamento (T_m).
- b) **Medição com dispositivos redutores:** Após se estimar a redução do consumo total de água potável pela edificação, devido ao uso de dispositivos economizadores, calculou-se o consumo médio de água por apartamento (C_m) e o custo médio da conta de água por apartamento (T_m).
- c) **Medição com reuso de águas cinzas:** Após se estimar a redução de efluentes gerada pelo reuso de águas cinzas, o consumo total de água potável da edificação, calculou-se o consumo médio de água por apartamento (C_m) e o custo médio da conta de água por apartamento (T_m).
- d) **Medição com dispositivos redutores e reuso de águas cinzas:** Após se estimar a redução do consumo total de água potável da edificação devido ao uso de dispositivos economizadores e ao reuso de águas cinzas, calculou-se o consumo médio de água por apartamento (C_m) e o custo médio da conta de água por apartamento.
- e) **Economia gerada pelo uso de águas pluviais para áreas externas:** Considerando-se uma medição destinada à lavagem do pavimento térreo e subterrâneo, estimou-se a economia mensal com o volume de água pluvial utilizado no lugar da água potável.

4.7 CÁLCULO DO PERÍODO DE RETORNO

Foram feitos orçamentos preliminares referentes à implantação do sistema de reuso de águas cinzas, armazenamento de águas pluviais e dispositivos redutores adotados. A análise da viabilidade econômica do capital investido foi realizada através do período de retorno do investimento (*payback simples*), de maneira a determinar a aceitação ou rejeição das ações propostas, através do cálculo do tempo em que o investimento inicial será reposto, representado pela equação (11).

$$PR = \frac{I}{EMA-GEE} \quad (11)$$

Onde:

- PR é o Período de Retorno (meses);
- I é o Investimento Inicial (R\$);
- EMA é a Economia mensal de água e esgoto (R\$), dada pela equação (12);

- GEE é o Gasto mensal com energia elétrica (R\$), gerado por supostos equipamentos em sistemas de reuso de água.

$$EMA = Cmf - Cmi \quad (12)$$

Onde:

- Cmf é o valor correspondente ao custo médio mensal da tarifa de água e esgoto, após as aplicações de redução e/ou reuso de água na edificação, dado pela equação (13).
- Cmi é o valor correspondente ao custo médio mensal da tarifa de água e esgoto, sem aplicações de redução e/ou reuso na edificação, dado pela equação (14).

$$Cmf = Tm \times Napt \quad (13)$$

$$Cmi = Tmi \times Napt \quad (14)$$

Onde:

- Tm é o valor mensal médio da conta de água e esgoto por apartamento, utilizando medidas de redução e/ou reuso de água;
- Napt é o número de apartamentos da edificação;
- Tmi é o valor mensal médio da conta de água e esgoto por apartamento, sem sistemas de reuso e sem dispositivos economizadores.

4.8 CARTILHA PARA SENSIBILIZAÇÃO DOS ENVOLVIDOS

Após a revisão bibliográfica e as estimativas de custos e economias proporcionadas pelas medidas de redução e reuso de água em edifícios residenciais, além das informações relativas ao período de obras, uma cartilha foi elaborada visando a conservação de água, que abrange os objetivos da aplicação da gestão da água e as ações individuais para se alcançar esses objetivos e sensibilizar os usuários e profissionais envolvidos no setor da construção.

5 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

A planta utilizada no presente trabalho é de um edifício (Figura 12) localizado no município de Mauá, no ABC paulista, região metropolitana de São Paulo. Para efeito de estudos, analisara-se a princípio apenas a planta arquitetônica e a caracterização da edificação, de forma a comparar o edifício com aparelhos hidráulicos e sistemas de medição convencionais e sem sistemas de reuso, com o mesmo, tendo aparelhos alternativos e sistemas de captação de águas pluviais e reuso de águas cinzas.

Figura 12 – Ilustração da edificação usada como objeto de estudo



Fonte: Produção do próprio autor (2017).

5.1 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Como limitações do desenvolvimento do trabalho apresentado, tem-se que:

- A estimativa de consumo de água se resume à parte interna da edificação e aos ocupantes permanentes, desconsiderando-se supostos ocupantes temporários, a exemplo de funcionários como porteiros, faxineiros e jardineiros;
- Para estimar o custo com gastos externos (lavagem de pisos térreos e regas de jardim) foi considerado um medidor individual para efeitos de cálculo. Na prática, esse valor é medido juntamente com os consumos internos e tem seus custos divididos pelos moradores da edificação;

- Os valores relativos ao consumo de água e contas de água foram estimados teoricamente. Não houve contato com moradores da edificação em questão;
- Os investimentos discutidos dizem respeito apenas aos custos de implantação dos sistemas propostos. Custos relativos à manutenção do sistema, juros, depreciação e inflação da economia não foram considerados;
- Custos referentes às instalações hidráulicas como implantações de hidrômetros, calhas, tubos de queda, etc., não foram levantados, uma vez que se considerou que as mesmas devem estar inclusas no orçamento do sistema hidráulico predial.

5.2 CARACTERIZAÇÃO INICIAL

A Tabela 23 representa as áreas da edificação estudada. Além disso, têm-se as seguintes características:

- Área total construída: 8728,85 m²;
- Número de andares: 15 andares;
- Número de apartamentos por andar: 6 (2 apartamentos tipo A e 4 apartamentos tipo B).

Tabela 23 – Áreas da edificação

Pavimento do subsolo	
Garagem	1481,66 m ²
Hall social	38,84 m ²
Total do pavimento do subsolo	1520,5 m ²
Pavimento térreo	
Garagem	748,57 m ²
Portaria casa máquina	14,1 m ²
Abrigo de gás	2,44 m ²
Central de medição	22,7 m ²
Sala gerador	13,45 m ²
Espaço gourmet	31,71 m ²
Salão e área comum	367,11 m ²
Total do pavimento térreo	1200,08 m ²
Pavimento superior	
Pavimento superior tipo – 15 andares	5943,59 m ²
Hall cobertura	38,84 m ²
Reservatório de água	25,84 m ²
Total do pavimento superior	6008,27 m ²

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

5.3 APARELHOS QUE DEMANDAM ÁGUA

O edifício possui 2 modelos de apartamentos tipos em cada andar. Nesse trabalho, denominou-se os mesmos como tipo A (2 unidades por andar) e tipo B (4 unidades por andar). Como forma de mapear e representar os aparelhos que demandam água caracterizou-se cada tipo de apartamento, como mostra as Tabelas 24 e 25. A Figura 13 representa a visão do pavimento tipo e a disposição dos apartamentos.

Tabela 24 – Aparelhos que demandam água no apartamento de tipo A

Apartamento tipo A			
Aparelhos	Unidades/ apto	Unidades/ andar	Quantidade total no prédio
Torneira de tanque	1	2	30
Torneira de pia de cozinha	1	2	30
Torneira de pia de banheiro	2	4	60
Vaso sanitário	2	4	60
Chuveiro/ ducha	2	4	60
Máquina de lavar	1	2	30

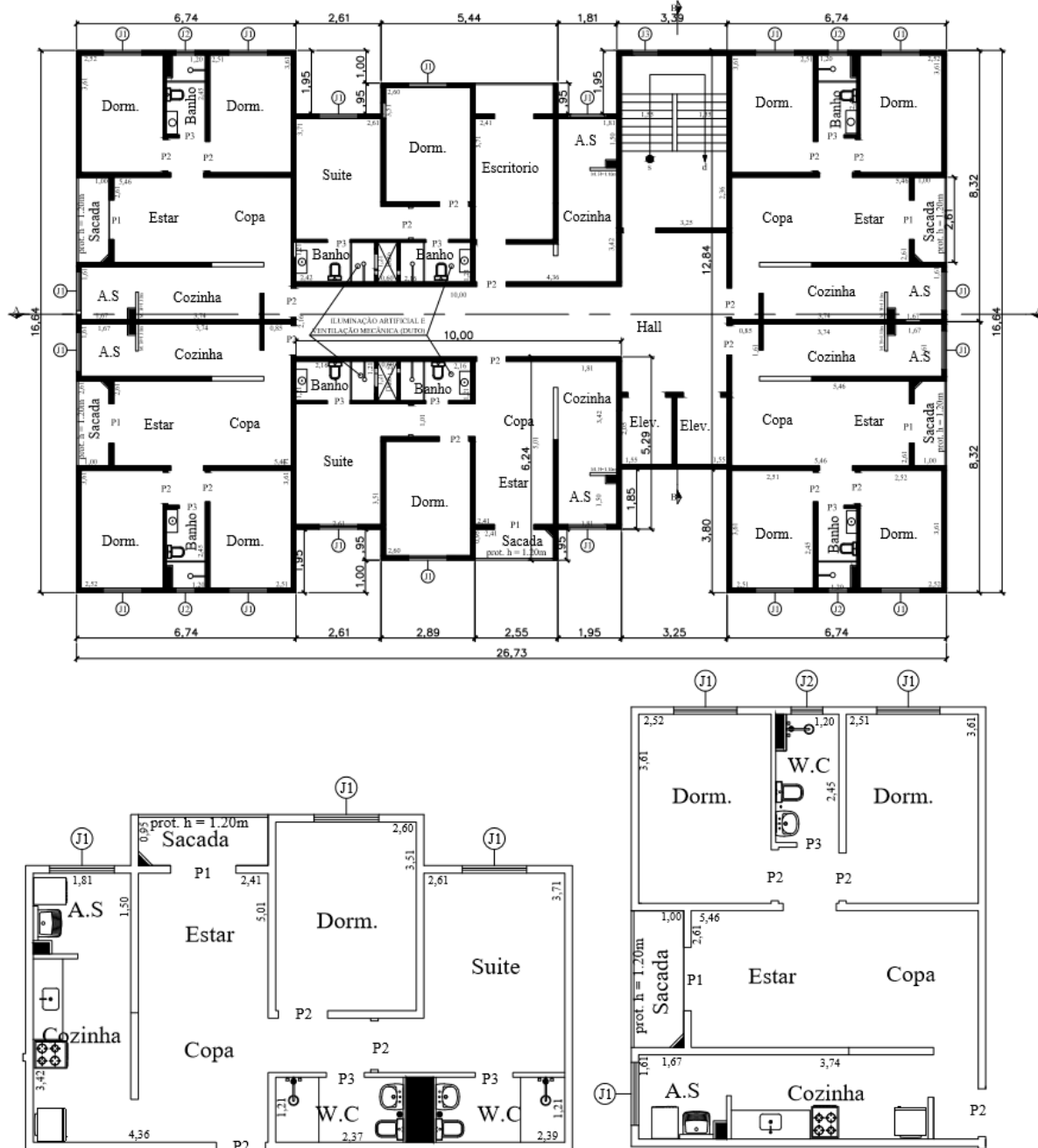
Fonte: Produção do próprio autor (2017).

Tabela 25 – Aparelhos que demandam água no apartamento de tipo B

Apartamento tipo B			
Aparelhos	Unidades/ apto	Unidades/ andar	Quantidade total no prédio
Torneira de tanque	1	4	60
Torneira de pia de cozinha	1	4	60
Torneira de pia de banheiro	1	4	60
Vaso sanitário	1	4	60
Chuveiro/ ducha	1	4	60
Máquina de lavar	1	4	60

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

Figura 13 – Pavimento tipo do edifício



Fonte: Produção do próprio autor (2017).

5.4 ESTIMATIVA DE DEMANDA INTERNA DE ÁGUA

Adotando-se um número médio de 4 moradores por apartamento no edifício estudado, com 15 andares e 6 apartamentos em cada, tem-se 360 habitantes permanentes, estimados como se verifica na Tabela 26.

Conforme citado na metodologia, a estimativa de consumo de água é feita pela NBR 13969 (ABNT, 1997), para uma residência de padrão médio. Assim, estima-se uma contribuição de esgoto de 37,44 m³ por dia (Tabela 27).

Tabela 26 – Estimativa de moradores no edifício

Estimativa de moradores no edifício	
Moradores/apartamento	4
Apartamentos/andar	6
Número de andares	15
Número de moradores	360

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

Tabela 27 – Estimativas de consumo conforme a NBR 13969 (ABNT, 1997)

Para ocupantes permanentes: Residência padrão médio	
Consumo de água (QPC)	130 L/dia
Número de ocupantes (P)	360 pessoas
Coefficiente de retorno (R)	0,8
Volume estimado diário	37,44 m ³ /dia

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

Considerando-se a proporção de vazão considerada pela Cetesb, representada por unidade hidráulica sanitária, apresentada por Braga (2009), a Tabela 28 mostra o volume de água residencial gerada mensalmente no edifício por cada unidade hidráulica-sanitária.

Tabela 28 – Vazões diárias por unidade hidráulica

Tipo de águas residuais	Aparelhos (consumo interno)	Vazão por unidade hidráulica-sanitária	Vazão diária (m ³ /dia)
Águas negras	Vaso sanitário	0,30 Qm	11,23
	Pia de cozinha	0,19 Qm	6,74
Águas cinzas	Chuveiros	0,20 Qm	7,49
	Lavatório	0,13 Qm	4,87
	Máquina de lavar roupa	0,18 Qm	7,11
Total		1,00 Qm	37,44

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

5.5 USO DE DISPOSITIVOS REDUTORES DE ÁGUA

De acordo com a Tabela 29, para o edifício analisou-se a economia de água gerada pelos dispositivos de redução aplicados aos aparelhos hidráulicos, seguidos da economia de água proporcionada conforme os valores fornecidos pela Sabesp.

Tabela 29 – Economia proporcionada por uso de dispositivos redutores

Equipamentos convencionais	Dispositivos redutores	Volume reduzido (%)
Ducha (água quente/fria) 20, 5 L/min - 15 a 20 mca	Restritor de vazão 8 litros/min	62
Torneira de pia/uso geral/tanque - 15 a 20 mca	Arejador vazão cte. (6 litros/min)	76

Fonte: Adaptado de Sabesp (2017).

Antes vista como uma novidade, atualmente a bacia VDR já é usualmente implantada nos empreendimentos novos do estado de São Paulo. Dessa forma, ela não foi considerada nas estimativas de volume reduzido em relação ao consumo do vaso sanitário, devido à substituição dos equipamentos convencionais pelos alternativos.

Com a aplicação dos dispositivos economizadores, teve-se uma redução de volume de água utilizado e, conseqüentemente, a vazão de efluentes foi menor. Assim, obteve-se uma vazão diária de 23,97 m³, ou seja, uma redução de 13,47 m³ por dia em relação à estimativa de consumo inicial, como mostra a Tabela 30.

Tabela 30 – Comparação de vazões diárias com uso de dispositivos economizadores

Tipo de águas residuais	Aparelhos (consumo interno)	Vazão por unidade hidráulica-sanitária	Vazão diária convencional (m ³ /dia)	Vazão diária com dispositivos economizadores (m ³ /dia)	Economia estimada
Águas negras	Vaso sanitário	0,30 Qm	11,23	11,23	-
	Pia de cozinha	0,19 Qm	6,74	1,62	76%
Águas cinzas	Chuveiros	0,20 Qm	7,49	2,84	62%
	Lavatório	0,13 Qm	4,87	1,17	76%
	Máquina de lavar roupa	0,18 Qm	7,11	7,11	-
Total		1,00 Qm	37,44	23,97	36%

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

5.5.1 Custo dos dispositivos economizadores

Para se estimar o investimento inicial em relação aos aparelhos economizadores, consultou-se três lojas de materiais de construção e os seus respectivos preços, como representa a Tabela 31. De acordo com o custo médio e a quantidade de aparelhos demandada na edificação, estimou-se o custo do investimento relativo aos dispositivos alternativos.

Tabela 31 – Custos para aquisição de dispositivos economizadores

Dispositivo economizador proposto	Unidade	Custo unitário			Custo médio	Quant.	Custo
		Loja A	Loja B	Loja C			
Arejador de vazão constante antifurto, de 6 litros	Unid	R\$ 17,90	R\$ 14,90	R\$ 19,71	R\$ 17,50	300	R\$ 5.250,00
Regulador de Vazão para Ducha 8L/min	Unid	R\$ 28,90	R\$ 24,90	R\$ 26,01	R\$ 26,60	120	R\$ 3.192,00
Custo dos dispositivos economizadores							R\$ 8.442,00

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

5.6 REUSO DE ÁGUAS CINZAS

Conforme os valores obtidos no item 5.4, tem-se os volumes estimados de efluentes domésticos e de águas cinzas para a edificação em questão. Com aplicação do sistema de reuso de águas cinzas para os vasos sanitários, observou-se uma redução de volume de demanda de água potável e de esgoto gerado.

Pela Tabela 32, notou-se que a quantidade de águas cinzas (referentes aos chuveiros, lavatório e máquina de lavar roupa) é de 19,47 m³/dia. Portanto, o reuso de águas cinzas se mostrou o suficiente para abastecer os vasos sanitários, que tem uma vazão de 11,23 m³/dia. Dessa forma, com uma demanda de água potável de 26,21 m³/dia (em razão do reuso de águas cinzas), obteve-se um consumo mensal médio de 786,30 m³/mês.

Tabela 32 – Volume de vazão estimada com aplicação de reuso de águas cinzas

Locais de consumo interno	Vazão diária com reuso (m³/dia)	
	Água potável	Água de reuso
Vaso sanitário	-	11,23
Pia de cozinha	6,74	-
Chuveiros	7,49	-
Lavatórios	4,87	-
Máquina de lavar roupa	7,11	-
TOTAL	26,21	11,23

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

5.6.1 Implantação da ETAC

Os valores calculados no item 5.3 apresentaram os volumes estimados de vazões domésticas e de águas cinzas para a edificação com 360 moradores. Assim, pelas equações (2) e (3), determina-se as vazões de pico e as mínimas diárias no edifício, representadas na Tabela 33.

Tabela 33 – Vazões diárias estimadas

Tipo de vazão	Vazão diária
Vazão doméstica média de águas negras (Qm)	37,44 m³/dia
Vazão doméstica média de águas cinzas (Qm,cinza)	19,10 m³/dia
Vazão de pico de águas (Qmax)	67,34 m³/dia
Vazão mínima de águas (Qmin)	18,72 m³/dia

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

Consultou-se empresas especializadas no assunto e, de acordo com as características e parâmetros da edificação do presente trabalho, adotou-se uma ETAC modular com tratamento biológico e os seguintes componentes:

- Reator Aerado (RL);
- Decantador Secundário (DEC);
- Soprador de Ar e sistema de difusão de microbolhas;
- Clorador com pastilhas de cloro para desinfecção;
- Bombas Submersíveis para Esgoto Bruto (incluso bomba reserva), 220V Trifásicas;
- Pannel de Comando dotado de sistema de alarme,;
- Sistema de desidratação de lodo.

5.6.2 Dimensionamento do volume dos reservatórios de água cinza

Apesar da demanda interna estimada para as águas cinzas tratadas ser de 11,23 m³/dia (valor referente às descargas dos vasos sanitários dos apartamentos), pelas Equações (4), (5), (6) e (7), os volumes dos reservatórios foram calculados considerando-se o valor da vazão diária de água cinza de 19,10 m³ (Tabela 33). Dessa forma, esse valor excedente pode ser aproveitado em outros locais como em vasos sanitários dos banheiros de serviço ou do salão de festas do prédio em questão (ANEXO B).

- $Cd = 19,10 \text{ m}^3/\text{dia};$
- $I = 0;$
- $T = 2 \text{ dias};$
- $V = 38,20 \text{ m}^3;$
- $V_{sup} = 15,28 \text{ m}^3$ (Volume adotado de 20 m³);
- $V_{inf} = 22,92 \text{ m}^3$ (Volume adotado de 25 m³).

Por questões comerciais e de segurança, adotou-se volumes superiores, de 20 m³ e 25 m³ para os reservatórios de águas de reuso superior e inferior, respectivamente.

5.6.3 Bomba de recalque

Para se estimar a bomba de recalque da água cinza tratada foram adotados os mesmos valores de projeto para a bomba de recalque de água potável da edificação em questão, projetada para uma altura manométrica de 6500 mca, uma vazão de 9500 L/h e de potência de 5,0 CV trifásica. Serão utilizadas duas bombas, sendo uma reserva e outra atuante.

Em relação ao consumo de energia da bomba utilizada, considerando-se um funcionamento de 6 horas por dia, tem-se um gasto de 30 CV.h/ dia, ou seja, 22,65 kWh/dia. Dessa forma, mensalmente se tem um gasto aproximado de 680 kWh/mês. Para a categoria residencial, simulando-se o consumo pela Eletropaulo (2017), estimou-se um gasto de R\$ 432,60 mensais.

5.6.4 Custos de implantação do sistema de reuso de águas cinzas

A Tabela 34 mostra o orçamento preliminar de implantação do sistema, onde foram considerando custos unitários levantados com empresas especializadas e valores tabelados que foram orçados em lojas de construção e tabelas de custos unitários.

Tabela 34 – Custos de implantação do sistema de reuso de águas cinzas

Item	Produto	Unidade	Quantidade	Preço unitário	Preço total
1	Projeto Completo	Unit	1	R\$ 138.460,00	R\$ 138.460,00
2	Memorial Descritivo	Unit	1		
3	Layout de Instalação	Unit	1		
4	Mapeamento do Fluxograma de processo	Unit	1		
5	Manual de Instalação	Unit	1		
6	Manual de Operação	Unit	1		
7	Instrução de montagem e treinamento dos operadores	Unit	1		
8	Componentes da ETAC	Unit	1		
9	Caixa d'água de Fibra de Vidro 20000L Fortlev	Unit	1	R\$ 9.100,00	R\$ 9.100,00
10	Caixa d'água de Fibra de Vidro 25000L Fortlev	Unit	1	R\$ 12.660,90	R\$ 12.660,90
11	Encanador (SGSP)	H	40	R\$ 19,78	R\$ 791,20
12	Ajudante de encanador (GSP)	H	40	R\$ 15,22	R\$ 608,80
13	Conjunto motor bomba 5 HP ou CV- Vazão 6m³/h-trif. p/ bombeamento de água-tipo Darka mod. CH9	Unit	2	R\$ 2729,15	R\$ 5.485,30
14	Tubulações e conexões em geral	-	15% do total	---	R\$ 25.065,93
Custo de implantação do sistema de reuso de águas cinzas				R\$ 192.172,13	

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

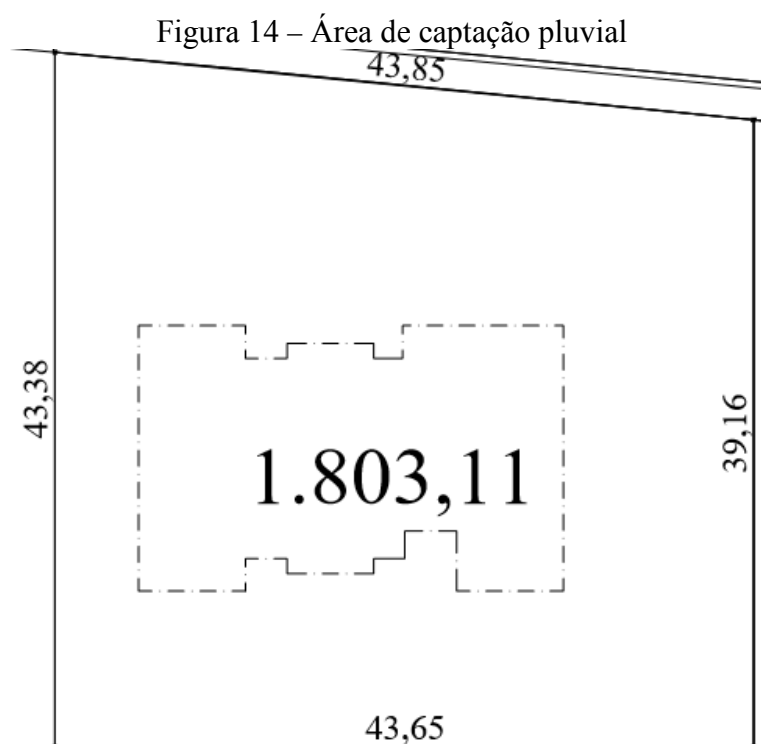
5.7 REUSO DE ÁGUAS DA CHUVA

Para se prever o aproveitamento de águas pluviais, deve-se estimar o volume de chuva que pode ser captado na edificação. Assim, a Tabela 35 mostra os índices pluviométricos médios do município de Mauá (SP), tendo-se uma área de captação de 1803,11 m² (Figura 14).

Tabela 35 – Índice pluviométrico médio do município de Mauá (SP)

Pluviometria média no município de Mauá (SP)			
Mês	mm	Mês	mm
Janeiro	249	Julho	52
Fevereiro	238	Agosto	59
Março	211	Setembro	102
Abril	108	Outubro	166
Maio	75	Novembro	153
Junho	63	Dezembro	217
Pluviometria Média Anual = 141,08 mm			

Fonte: Adaptado de Climate (2017).



Fonte: Produção do próprio autor (2017).

5.7.1 Demanda externa

Pela Tabela 22 apresentada no item 4.4.1, tem-se que atividades de regas de jardim e de lavagem de pisos, conforme Tomaz (2003), praticamente não diferem de valores referentes ao uso de água. Assim, adotando-se o valor da área representada na figura 14 para realizar as ações ao nível térreo, as atividades citadas foram enquadradas juntas. Conforme mostra a Tabela 37, a demanda externa estimada para o uso das águas pluvias é de aproximadamente 30 m³/mês.

Tabela 36 – Estimativa da demanda externa para pavimentos térreo e subterrâneo

Uso da água	Faixa de valores	Volume estimado (m³)
Lavagem de piso (pavimento) e rega de jardim	2 L/dia/ m²	28,85
	8 vezes/ mês	
	1803,11 m²	
Mangueira de jardim/ lavagem	50 L/dia	1,00
	20 vezes/mês	

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

5.7.2 Cálculo do reservatório de águas pluviais

O Método de Simulação foi aplicado para a demanda de água externa estimada em 30 m³. Verifica-se que para um reservatório de 10 m³, as necessidades já seriam atendidas, como se verifica na Tabela 37. Considerando-se situações que exijam maiores demandas de água ou possíveis períodos de falta de chuva, devido aos índices pluviométricos mal distribuídos ao longo do ano no local, como mostrado a Tabela 35, adotou-se um reservatório de 15 m³.

Para efeitos de comparação, o Método de Simulação foi aplicado para uma demanda mensal de 336,9 m³, valor referente ao uso de descargas de vasos sanitários. Como se verifica nas Colunas 7, 8, 9 e 10 da Tabela 38, o volume captado de água pluvial não seria suficiente para atender à demanda do edifício, sendo necessários suprimentos de águas externos para possibilitar o reuso.

Tabela 37 – Análise de simulação do reservatório de águas pluviais para usos externos

ANÁLISE DE SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO					Coeficiente de Runoff =				0,8
					Volume do reservatório (m³) =				10
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva mensal (m³)	Volume do reservatório (m³)	Volume no tempo t-1 (m³)	Volume no tempo t (m³)	Overflow (m³)	Suprimento de água externo (m³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	249	30	1803,11	359	10	0	10	319	0
Fevereiro	238	30	1803,11	343	10	10	10	313	0
Março	211	30	1803,11	304	10	10	10	274	0
Abril	108	30	1803,11	156	10	10	10	126	0
Maio	75	30	1803,11	108	10	10	10	78	0
Junho	63	30	1803,11	91	10	10	10	61	0
Julho	52	30	1803,11	75	10	10	10	45	0
Agosto	59	30	1803,11	85	10	10	10	55	0
Setembro	102	30	1803,11	147	10	10	10	117	0
Outubro	166	30	1803,11	239	10	10	10	209	0
Novembro	153	30	1803,11	221	10	10	10	191	0
Dezembro	217	30	1803,11	313	10	10	10	283	0
Total	1693	360		2441				2071	0

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

Tabela 38 – Análise de simulação do reservatório de águas pluviais para uso interno em descargas de vasos sanitários

ANÁLISE DE SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO					Coeficiente de Runoff =			0,8	
					Volume do reservatório (m³) =			10	
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva mensal (m³)	Volume do reservatório (m³)	Volume no tempo t-1 (m³)	Volume no tempo t (m³)	Overflow (m³)	Suprimento de água externo (m³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	249	336,9	1803,11	359	10	0	10	12,1	0
Fevereiro	238	336,9	1803,11	343	10	10	10	6,1	0
Março	211	336,9	1803,11	304	10	10	-22,9	0	22,9
Abril	108	336,9	1803,11	156	10	0	-180,9	0	180,9
Maio	75	336,9	1803,11	108	10	0	-228,9	0	228,9
Junho	63	336,9	1803,11	91	10	0	-245,9	0	245,9
Julho	52	336,9	1803,11	75	10	0	-261,9	0	261,9
Agosto	59	336,9	1803,11	85	10	0	-251,9	0	251,9
Setembro	102	336,9	1803,11	147	10	0	-189,9	0	189,9
Outubro	166	336,9	1803,11	239	10	0	-97,9	0	97,9
Novembro	153	336,9	1803,11	221	10	0	-115,9	0	115,9
Dezembro	217	336,9	1803,11	313	10	0	-23,9	0	23,9
Total	1693	4042,8		2441				18,2	1620

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

5.7.3 Custo de implantação do sistema de captação de águas pluviais

A Tabela 39 apresenta os custos estimados dos componentes para o sistema, após consulta com lojas de materiais de construção civil e tabelas de custo unitários.

Tabela 39 – Orçamento para a implantação dos componentes do sistema de água pluvial
Água Pluvial

Item	Descrição	Unidade	Quant.	Custo unitário	Preço
1	Filtro Twin (até 600 m ²)	unit	3	R\$ 3.961,00	R\$ 11.883,00
2	Freio d'água 100 mm	unit	1	R\$ 94,00	R\$ 94,00
3	Conjunto de sucção com flutuador	unit	1	R\$ 399,00	R\$ 399,00
4	Extravasador (sifão ladrão) 32 mm x 1"	unit	1	R\$ 187,90	R\$ 187,90
5	Tanque de Polietileno 15000L 2,48m Acqualimp	m ³	1	R\$ 6.810,90	R\$ 6.810,90
6	Encanador (SGSP)	H	8	R\$ 19,78	R\$ 158,24
7	Ajudante de encanador (GSP)	H	8	R\$ 15,22	R\$ 121,77
Custo de implantação do reservatório de águas pluviais				R\$ 19.654,81	

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

6 RESULTADOS

6.1 ESTIMATIVA DE CUSTOS DE ÁGUA E ESGOTO POR APARTAMENTO

Considerando-se que o volume de efluente gerado é praticamente igual ao volume de água consumido, pelas tarifas mensais da Sabesp, calcula-se o custo médio mensal da conta de água para cada apartamento (Cm) pela Equação (10) para cada situação abaixo:

a) Medição média por apartamento

- $C_t = 37,44 \text{ m}^3/\text{dia} = 1123,2 \text{ m}^3/\text{mês}$ (item 5.4);
- $N_{apt} = 90$ apartamentos;
- $C_m = 12,48 \text{ m}^3/\text{mês}$;
- $T_{mi} = \text{R\$ } 62,12/\text{mês.apto}$ (Tabela 40).

Tabela 40 – Tarifa mensal de água e esgoto estimada para cada apartamento

Classes de consumo $\text{m}^3/\text{mês}$	Volume de água e esgoto	Tarifa de água	Tarifa de esgoto	Custo
0 a 10	10 m^3	R\$ 22,38/mês	R\$ 22,38/mês	R\$ 44,76
11 a 20	$2,48 \text{ m}^3$	R\$ 3,50/ m^3	R\$ 3,50/ m^3	R\$ 17,36
21 a 50	-	R\$ 8,75/ m^3	R\$ 8,75/ m^3	-
Acima de 50	-	R\$ 9,64/ m^3	R\$ 9,64/ m^3	-
Total (média por apto)	$12,48 \text{ m}^3$			R\$ 62,12

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

b) Medição com dispositivos redutores

- $C_t = 23,97 \text{ m}^3/\text{dia}$ (Quadro 20) = $719,10 \text{ m}^3/\text{mês}$;
- $N_{apt} = 90$ apartamentos,
- $C_m = 7,99 \text{ m}^3/\text{mês.apto}$;
- $T_m = \text{R\$ } 44,76/\text{mês.apto}$ (Tabela 41).

Tabela 41 – Tarifa mensal de água e esgoto estimada para cada apartamento com aplicação de dispositivos economizadores

Classes de consumo $\text{m}^3/\text{mês}$	Volume de água e esgoto	Tarifa de água	Tarifa de esgoto	Custo
0 a 10	$7,99 \text{ m}^3$	R\$ 22,38/mês	R\$ 22,38/mês	R\$ 44,76
11 a 20	-	R\$ 3,50/ m^3	R\$ 3,50/ m^3	R\$ 17,36
21 a 50	-	R\$ 8,75/ m^3	R\$ 8,75/ m^3	-
Acima de 50	-	R\$ 9,64/ m^3	R\$ 9,64/ m^3	-
Total (média por apto)	$7,99 \text{ m}^3$			R\$ 62,12

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

c) Medição com reuso de águas cinzas

- $C_t = 26,31 \text{ m}^3/\text{dia} = 786,30 \text{ m}^3/\text{mês}$ (item 5.6);
- $N_{apt} = 90$ apartamentos;
- $C_m = 8,73 \text{ m}^3/\text{mês.apto}$;
- $T_m = \text{R\$ } 44,76 / \text{mês.apto}$ (Tabela 42).

Tabela 42 – Tarifa mensal de água e esgoto estimada para cada apartamento com reuso de águas cinzas

Classes de consumo $\text{m}^3/\text{mês}$	Volume de água e esgoto	Tarifa de água	Tarifa de esgoto	Custo
0 a 10	$8,73 \text{ m}^3$	$\text{R\$ } 22,38/\text{mês}$	$\text{R\$ } 22,38/\text{mês}$	$\text{R\$ } 44,76$
11 a 20	-	$\text{R\$ } 3,50/\text{m}^3$	$\text{R\$ } 3,50/\text{m}^3$	-
21 a 30	-	$\text{R\$ } 8,75/\text{m}^3$	$\text{R\$ } 8,75/\text{m}^3$	-
31 a 50	-	$\text{R\$ } 8,75/\text{m}^3$	$\text{R\$ } 8,75/\text{m}^3$	-
Acima de 50	-	$\text{R\$ } 9,64/\text{m}^3$	$\text{R\$ } 9,64/\text{m}^3$	-
Total (média por apto)	$8,73 \text{ m}^3$			$\text{R\$ } 44,76$

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

d) Medição com dispositivos economizadores e reuso de águas cinzas

Pela Tabela 43, nota-se que, com o uso de dispositivos economizadores, a quantidade gerada de águas cinzas (referentes aos chuveiros, lavatório e máquina de lavar roupa) é de $12,74 - 1,62 = 11,12 \text{ m}^3/\text{dia}$. Portanto, apenas o reuso das águas cinzas geradas não seria suficiente para abastecer os vasos sanitários, que tem uma vazão diária de $11,23 \text{ m}^3$ (Tabela 43). Entretanto, como a diferença é mínima, pode-se completar a diferença com água potável sem maiores complicações.

Tabela 43 – Volume de vazão diária estimada no edifício com aplicação de dispositivos economizadores e reuso de águas cinzas

Tipo de efluente	Locais de consumo interno	Vazão diária com dispositivos economizadores (m^3/dia)	
		Água potável	Água de reuso
Águas negras	Vaso sanitário	-	11,23
	Pia de cozinha	1,62	-
Águas cinzas	Chuveiros	2,84	-
	Lavatórios	1,17	-
	Máquina de lavar roupa	7,11	-
TOTAL		12,74	11,23

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

- $C_t = 12,74 \text{ m}^3/\text{dia}$ (Tabela 44) = $382,20 \text{ m}^3/\text{mês}$;
- $N_{apt} = 90$ apartamentos;
- $C_m = 4,24 \text{ m}^3/\text{mês.apto}$;
- $T_m = \text{R\$ } 44,76/\text{mês.apto}$ (Tabela 44).

Tabela 44 – Tarifa mensal de água e esgoto estimada para cada apartamento com aplicação de dispositivos economizadores e reuso de águas cinzas

Classes de consumo $\text{m}^3/\text{mês}$	Volume de água e esgoto	Tarifa de água	Tarifa de esgoto	Custo
0 a 10	$4,24 \text{ m}^3$	R\$ 22,38/mês	R\$ 22,38/mês	R\$ 44,76
11 a 20	-	R\$ 3,50/ m^3	R\$ 3,50/ m^3	-
21 a 30	-	R\$ 8,75/ m^3	R\$ 8,75/ m^3	-
31 a 50	-	R\$ 8,75/ m^3	R\$ 8,75/ m^3	-
Acima de 50	-	R\$ 9,64/ m^3	R\$ 9,64/ m^3	-
Total (média por apto)	$4,24 \text{ m}^3$			R\$ 44,76

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

6.2 ESTIMATIVA DE CUSTOS COM LAVAGEM DA ÁREA EXTERNA

Para a área do térreo e subterrâneo, estimou-se uma economia de $30 \text{ m}^3/\text{mês}$ com lavagens de pisos e regas. Obteve-se um custo estimado de R\$ 289,76 (Tabela 45), em economia, devido ao uso de água pluvial, considerando-se um medidor individual apenas para efeitos de cálculo neste setor.

Tabela 45 – Custo mensal de água e esgoto estimada para atividades de lavagem e regas

Classes de consumo $\text{m}^3/\text{mês}$	Volume de água e esgoto	Tarifa de água	Tarifa de esgoto	Custo
0 a 10	10 m^3	R\$ 22,38/mês	R\$ 22,38/mês	R\$ 44,76
11 a 20	10 m^3	R\$ 3,50/ m^3	R\$ 3,50/ m^3	R\$ 70,00
21 a 50	10 m^3	R\$ 8,75/ m^3	R\$ 8,75/ m^3	R\$ 175,00
Acima de 50	-	R\$ 9,64/ m^3	R\$ 9,64/ m^3	-
Total	30 m^3			R\$ 289,76

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

6.3 PERÍODO DE RETORNO

Para efeitos de comparação, estimou-se o período de retorno do investimento realizado em razão das medidas de redução e de reuso adotadas, como mostra a Tabela

46. Ressalta-se que os custos estimados se referem apenas ao custo de implantação, gastos com energia elétrica e da tarifa atual de água e esgoto.

A economia de tarifa mensal em relação à água e esgoto (EMA) diz respeito à conta da edificação como um todo, através da soma dos valores médios de consumo médios estimados em cada apartamento.

Pelas Equações (12), (13) e (14), tem-se que:

- $C_{mf} = R\$ 62,12 \times 90 = R\$ 5590,80$
- $C_{mi} = R\$ 44,76 \times 90 = R\$ 4028,40$
- $EMA = R\$ 1562,40$

Para o uso de águas pluviais, a economia mensal foi considerada através do cálculo do custo do volume de água a ser gasto nas atividades de regas e lavagens dos pisos, ou seja, a economia de tarifa mensal estimada é de R\$ 289,76, como mostrado na Tabela 46.

A Tabela 46 mostra os resultados obtidos para o período de retorno dos investimentos realizados para se implantar as medidas relativas ao uso racional de água após aplicar a Equação (11).

Tabela 46 – Comparação entre investimento e período de retorno

Medidas adotadas	Investimento (I)	Economia de tarifa mensal (EMA)	Gastos mensais com energia elétrica (GEE)	Período de Retorno (PR)
Dispositivos economizadores	R\$ 8.442,00	R\$ 1.562,40	-	5,4 meses
Reuso de águas cinzas	R\$ 192.172,13	R\$ 1.562,40	R\$ 432,60	170,09 meses
Dispositivos economizadores + Reuso de águas cinzas	R\$ 200.614,13	R\$ 1.562,40	R\$ 432,60	177,56 meses
Uso de águas pluviais	R\$ 19.654,81	R\$ 289,76	-	67,83 meses

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

7 CONCLUSÃO

Equipamentos e dispositivos redutores de água mostram-se eficazes e com um período de retorno curto em relação ao investimento feito. Além disso, no presente estudo se verificou que, adotando-se medidas de redução simples, o consumo mensal de água e esgoto para um apartamento com quatro pessoas se estabelece na faixa mínima de consumo da Sabesp (até 10 m³). Dessa forma, sistemas de reuso para demandas internas não se tornam necessários do ponto de vista financeiro, pois apesar de reduzirem ainda mais o consumo de água, quando comparados com dispositivos economizadores (sendo favoráveis do ponto de vista ambiental), requerem maior investimento financeiro e a taxa de água e esgoto, por sua vez, não diminuirá. Assim, uma alternativa para incentivar o uso de sistemas de reaproveitamento de águas servidas seria encarecer as tarifas de água ou reduzir a faixa de consumo mínimo por parte das concessionárias.

A análise de viabilidade dos sistemas de reuso deve ser estudada detalhadamente, envolvendo além do ponto de vista econômico (custos de implantação, operação, manutenção e equipamentos do sistema), a qualidade da água e do serviço, uma vez que estes implicam diretamente na questão da saúde dos usuários. Tubulações, cisternas de água potável e de reuso e locais para máquinas e equipamentos devem ser previstos no projeto hidráulico, para que não se tenham dificuldades referentes à disponibilidade de espaço para a implantação dos mesmos.

A recuperação de águas cinzas representa um potencial de economia de água importante, principalmente em edificações verticalizadas, devido ao considerável número de moradores que as mesmas costumam apresentar, e o conseqüente volume de efluentes gerado. Entretanto, um investimento considerável para a implantação do sistema é necessário devido aos componentes, as formas de tratamento, e a manutenção do sistema.

O aproveitamento de águas pluviais tem condições de tratamento e componentes simples, além de necessitar de investimentos mais modestos devido aos padrões qualitativos que a água de chuva apresenta. Em contrapartida, sua viabilidade de instalação depende principalmente do índice pluviométrico, da área de captação do local e a atividade em que será reusada. Ao longo do desenvolvimento do trabalho, notou-se que para os usos internos dos apartamentos da edificação estudada, o aproveitamento de águas pluviais não se torna viável, devido à distribuição desigual de

chuva ao longo do ano no município de Mauá (Tabela 35), além da área de captação não ter atendido a demanda interna do prédio, justificada pelo número de moradores no edifício.

Ressalta-se ainda que o custo relativo às águas pluviais utilizadas em áreas externas ou com ocupantes temporários, a exemplo de funcionários do prédio, convencionalmente está incluso nas medições da edificação, e o valor total é normalmente dividido pelos moradores. Dessa forma, o volume economizado seria baixo, uma vez que seriam 30 m³/mês dividido por 90 apartamentos (0,333 m³/mensais.apto), praticamente não implicando em acréscimos financeiros na conta de água.

A ausência de normas e leis que regulamentem e que definam critérios de qualidade em relação às águas de reuso dificulta a aplicação e difusão dos sistemas de reaproveitamento de água no Brasil. Além disso, o paradigma cultural gerado pela adoção de modelos convencionais e baixas tarifas relativas ao uso de água e esgoto, contribuem para a falta de sensibilidade dos usuários no que diz respeito ao desperdício e conservação do recurso.

Apesar de o trabalho ser baseado em estimativas e médias de consumo por parte dos moradores da edificação em relação aos custos mensais das tarifas de água e esgoto, deve-se destacar a importância de hidrômetros individuais para os apartamentos da edificação. A medição individualizada proporciona uma leitura mais direta e clara dos custos de cada morador, sendo uma maneira mais justa de cobrança em virtude das atitudes relativas ao uso, desperdício e economia de água de cada apartamento.

Medidas relativas à conservação de água ainda encontram dificuldades de implantação em canteiros de obras, devido ao seu caráter provisório, também pelas baixas tarifas de água aplicadas, pela falta de regulamentação e por ser uma prática de gestão relativamente recente e não comumente utilizada no Brasil como um todo, implicando na falta de sensibilização dos envolvidos. Nota-se que edificações de caráter permanente apresentam maior campo de estudos por parte de pesquisadores, análises mais diretas e interesse dos envolvidos, devido ao longo período de vida útil das construções.

Devido ao consumo de água apresentado pelo setor construtivo, estudos e ações a respeito do tema devem ser discutidos e planejados, desde o início das atividades nos canteiros de obra até a vida útil da edificação, visando-se a gestão da água com aplicações de redução e reuso frente ao cenário de desequilíbrio entre oferta e demanda. Uma alternativa de medida de redução de água que pode ser adotada durante

o período da execução, seria o uso de dispositivos economizadores em obras, de tal forma que, posteriormente, os mesmos possam ser reaproveitados em áreas externas ou de usos comuns da edificação permanente, a exemplo de jardins, banheiros de serviço e portaria. Dessa forma, apesar do caráter provisório que os ambientes construtivos apresentam, adotando-se medidas que possam ser também utilizadas durante a vida útil da edificação, pode-se incentivar os envolvidos, uma vez que irá gerar economia para a obra e para o futuro empreendimento, tanto do ponto de vista ambiental, como financeiro.

Após a realização do presente estudo, recomendações foram levantadas para futuras pesquisas. Sugere-se a abordagem em edificações com medições individualizadas e contato direto com os seus respectivos moradores. Dessa forma, informações reais dos valores de consumo e das contas de água de cada apartamento podem ser obtidas, resultando em informações mais precisas em comparação ao atual estudo. Além disso, um questionário a respeito da aplicação e ao investimento em medidas economizadoras de água pode ser realizado no local, de maneira a se avaliar a aceitação dos usuários frente às ações propostas.

REFERÊNCIAS

AGENCIA BRASIL. **Em 5 anos, novos prédios deverão ter medidores individuais de consumo de água.** 2016. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-07/em-5-anos-novos-predios-deverao-ter-medidores-individuais-de-consumo-de>>. Acesso em: 09 de out. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS ANA et al. **Conservação e reuso da água em edificações.** 1 ed. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005. 151 p. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/conservacao-e-reuso-de-aguas-em-edificacoes-2005/>>. Acesso em: 30/03/2017.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na região metropolitana de Vitória – ES.** 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2005. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_6582_VERS%C3O%20final%20-%20Karla%20Ponzo.PRN.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2017.

ARAÚJO, V. M. **Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiros de obras.** 2009. 228 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/...28102009.../Araujo_Diss_Ed_Rev.pdf>. Acesso em: 19 out. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT. **NBR 5626:** instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT. **NBR 10844:** instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT. **NBR 12284:** áreas de vivência em canteiros de obras. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT. **NBR 13969:** tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT. **NBR 15527:** água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações.** 2005. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_6573_Bazzarella_BB_2005.pdf>. Acesso em: 14 set. 2017.

BRAGA, E. D. **Estudos de Reuso de Água em Condomínios Residenciais**. 2009. 144 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Energia) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2009. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp119461.pdf>>. Acesso em 05 abr. 2017.

BRASIL. **Lei n. 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 18 nov. 2017.

BRASIL. **Lei n. 13.312**, de 12 de julho de 2016. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2016/lei-13312-12-julho-2016-783353-publicacaooriginal-150766-pl.html>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

CLIMATE. **Clima**: Mauá. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/4217/>>. Acesso em: 08 out. 2017.

CURITIBA (Paraná). **Lei n. 10.785**, de 18 de setembro de 2003. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/lei-ordinaria/2003/1078/10785/lei-ordinaria-n-10785-2003-cria-no-municipio-de-curitiba-o-programa-de-conservacao-e-uso-racional-da-agua-nas-edificacoes-purac>>. Acesso em: 18 de nov. 2017.

DMAE. **Cálculo da conta**: aprenda a calcular corretamente o valor da sua conta de água seguindo as instruções do DMAE, 2017. Disponível em: <<http://www.dmae.mg.gov.br/?pagina=Conteudo&id=999>> Acesso em: 10 set. 2017.

ELETROPAULO, AES. **Calcule sua conta**. 2017. Disponível em <<https://www.aeseletropaulo.com.br/educacao-legislacao-seguranca/simuladores/conteudo/calcule-sua-conta>>. Acesso em: 30 out. 2017.

FERREIRA, D.F. **Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um condomínio residencial localizado em Florianópolis – SC**. 2005. 152 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Disponível em: <http://www.labeec.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC_Daniel_Fabricio_Ferreira.pdf>. Acesso em: 10 out. 2017.

FLAVIO, I. B.; ESASIKA, T. S. H.; SANTOS, Y. C. A. **Gestão da demanda de água em canteiros de obras de edifícios**. 2015. 105 f. Monografia (Especialização em Engenharia Ambiental e Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=14293>. Acesso em: 10 abr. 2017.

FONSECA, Alexandre Lopes. **Estudo de instalação, organização e manutenção em canteiro de obras**. 2013. 88 f. Monografia (Especialização em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10009013.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2016.

FRANKEL, M. **Facility piping systems handbook**: for industrial, commercial, and healthcare facilities. 2nd ed. Chicago: McGraw-Hill Professional, 2004. 1200 p.

GIACCHINI, M. **Estudo quali-quantitativo do aproveitamento da água de chuva no contexto da sustentabilidade dos recursos hídricos**. 2010. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/dissertacao_margolaine_giacchini.vers_aofinal.pdf> Acesso em: 24 mai. 2017.

GONÇALVES, Ricardo Franci. (coord.) **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 352 p. (Projeto PROSAB, Edital 4).

GONÇALVES, Ricardo Franci. (coord.) **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 352 p. (Projeto PROSAB, Edital 4).

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da água de chuva**. Curitiba: Editora Organic Trading, 2002. 196 p. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/80875829/Aproveitamento-da-Agua-da-Chuva-Group-Raindrops>>. Acesso em: 07 nov. 2017.

HAFNER, A. V. **Conservação e reuso de água em edificações: experiências nacionais e internacionais**. 2007. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – COOPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://wwwp.coc.ufrj.br/teses/mestrado/rh/2007/Teses/HAFNER_AV_07_t_M_rhs.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2017.

JOHN V.M.; PRADO, R. T. A. (coord.) **Boas práticas para habitação mais sustentável**. 2010. São Paulo: Páginas & Letras, 2010. 204 p.

KATAOKA, D.; FREITAS, M.R. Gestão de água em canteiro de obras: estudo de caso no município de Guaratinguetá – SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 1., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 10., 2017, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2017.

MARINGÁ (Paraná). **Lei Municipal n. 6.076**, de 21 de janeiro de 2003. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/m/maringa/lei-ordinaria/2003/608/6076/lei->>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

MARINGÁ (Paraná). **Lei Municipal n. 6.345**, de 15 de outubro de 2003. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/m/maringa/lei-ordinaria/2003/635/6345/lei-ordinaria-n-6345-2003-institui-o-programa-de-reaproveitamento-de-aguas-de-maringa->>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC**. 2007. 107 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC_Ana_Kelly_Marinoski.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2017.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. 222 f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-17082009-082126/pt-br.php>>. Acesso em: 10 mar.2017.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://observatorio.faculdadeguanambi.edu.br/wp-content/uploads/2015/07/May-2004.pdf>>. Acesso em: 26 ago.2017.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **NR 18**: condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. Brasília, 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE; MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO; INSTITUTO BRASILEIRO DE DEFESA DO CONSUMIDOR. **Consumo sustentável**: manual de educação. 2005. Brasília: Consumers International, 2005. 160 p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao8.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

NOVIS, L. E. M. **Estudos dos indicadores ambientais na construção civil**: estudo de caso em quatro construtoras. 2014. 102 f. Monografia (Especialização em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10010028.pdf>>. Acesso em 30 mai.2017.

NUNES, Solange da Silva. **Gestão de água em edificações**: formulação de diretrizes para o reuso de água para fins não potáveis. 2009. 241 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=155933>. Acesso em 10 out. 2017.

OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para a implementação de Programa de Uso Racional de Água em Edifícios**. 1999. 344 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

OLIVEIRA, S. M. **Aproveitamento da água da chuva e reuso de água em residências unifamiliares**: estudo de caso em Palhoça – SC. 2005. 149 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC_Sulayre_Mengotti_Oliveira.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2017.

PESSARELLO, R. G. **Estudo exploratório quanto ao consumo de água na produção de obras de edifícios:** avaliação e fatores influenciadores. 2008. 114 f. Monografia (MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.poliintegra.poli.usp.br/library/pdfs/7f3c9143404e82ba87639255e32062e6.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2015.

PEIXOTO, L. M., **Requisitos e critérios de desempenho para sistema de água não potável de edifícios residenciais.** 2008. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/.../LUCIANA_PEIXOTO DISSERTA CAO.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2017.

PETERS, M. R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial.** 2006. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/88951/232845.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

PINTO NETO, J. C., **Estudo do plano logístico do canteiro de obras para atendimento dos recursos básicos nas frentes de trabalho.** 2013. 66 f. Monografia (Especialização em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://followscience.com/content/517887/estudo-do-plano-logistico-do-canteiro-de-obras-para-atendimento/>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

REIS, R.P.A.; SOUZA, U.E.L.; OLIVEIRA, L.H. Alternativas e soluções de instalações hidráulicas provisórias em canteiros de obras. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. 1., ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 10., 2004, São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAOVAAB/alternativas-solucoes-instalacoeshidraulicas-provisorias-canteiros-obras>>. Acesso em: 28 nov. 2016.

SABESP, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Comunicado:** março de 2017. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/clientes_servicos/comunicado_03_17.pdf> Acesso em: 10 out. 2017.

SABESP, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Equipamentos Economizadores:** torneiras com arejadores podem reduzir o consumo de água em até 75%. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=145>> Acesso em: 07 abr. 2017.

SANTOS, D.C. Os Sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. **Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construtivo (ANTAC)**, Porto Alegre, v.2, n.4, p.7-18, out. /dez. 2002. Disponível em: <www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/download/3429/1847>. Acesso em: 31 mai. 2017.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto n. 12.342**, de 27 de setembro de 1978. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1978/decreto-12342-27.09.1978.html>>. Acesso em: 18 de nov. 2017.

SÃO PAULO (Estado). **Lei n. 12.526**, de 02 de janeiro de 2007. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2007/lei-12526-02.01.2007.html>>. Acesso em: 19 nov. 2017.

SÃO PAULO (São Paulo). **Lei n. 13.276**, de 04 de janeiro de 2002. Disponível em: <http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integr a.asp?alt=05012002L%20132760000>. Acesso em: 18 nov. 2017.

SÃO PAULO (São Paulo). **Lei n. 13.309**, de 31 de janeiro de 2002. Disponível em: <http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integr a.asp?alt=01022002L%20133090000>. Acesso em: 18 nov. 2017.

SEBRAE, Inteligência Setorial. **Sistemas de aproveitamento e reuso de água:** oportunidades para os negócios da construção civil, 2015. Disponível em: <<https://www.sebraeinteligenciasetorial.com.br/produtos/boletins-de-tendencia/sistemas-de-aproveitamento-e-reuso-de-agua/54d4ea61b09d0422006da7cd>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

SILVA, G. S. **Programas permanentes de Uso Racional da Água em Campi Universitário. Estudo de caso:** programa de uso racional da água da Universidade De São Paulo. 2004. 328f. 2v. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-12042005-102420/pt-br.php>>. Acesso em: 15 mai.2017.

SOUZA, U.E.L. **Projeto e implantação do canteiro**. 2 ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2000. 96 p.

TAMAKI, H. O. **A Medição setorizada como instrumento de gestão da demanda de água em sistemas prediais:** estudo de caso: programa de uso racional de água da Universidade de São Paulo. 2003. 151f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde>>. Acesso em: 15 jun.2017.

TECHNÉ. Rio de Janeiro: PINI, 2008. Disponível em: <<http://technel7.pini.com.br/engenharia-civil/133/artigo285429-2.aspx>>. Acesso em: 07 nov. 2017.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água:** interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos. São Paulo: Navegar Editora, 2000. 250 p.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva:** para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar Editora, 2003. 184 p.

TUNDISI, José Galizia (coord.). **Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Letras, 2014. 76 p.

VALENTINA, R. S. Della. **Gerenciamento da qualidade e da quantidade de água cinza em uma edificação residencial de alto padrão com vistas ao reuso não potável**. 2009. 163f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2009. Disponível em:

<http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_3159_Disserta%E7%E3o%20Renata_Vers%E3o%20Final.pdf>. Acesso em: 15 ago.2017.

WERNECK, G. A. M. **Sistemas de Utilização da Água da Chuva nas Edificações: O Estudo de Caso da Aplicação em Escola de Barra do Piraí**. Dissertação (Mestrado em Ciências em Arquitetura, Área de conforto ambiental e eficiência energética) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://mac.arq.br/wp-content/uploads/2016/03/sistemas-utilizacao-estudo-caso.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

ZEULE, L. de O.; SERRA, S. M. B. Análise das práticas de sustentabilidade no uso racional da água em canteiros de obras. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENTAC), 15., 2014, Maceió. **Anais eletrônicos...** Maceió, 2014. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_356.pdf>. Acesso em: 15 out. 2017.

APÊNDICE A – Modelo de quadro para auxiliar a gestão de água na obra

[illegible]

Fonte: Produção do próprio autor (2017).

ANEXO A – Dispositivos economizadores (ANA et al. (2005))

Para o elenco de produtos indicados, ANA et al. (2005) considerou além da economia gerada, três níveis de atratividade em relação a retorno sobre investimento (R/I), também mostrados na Tabela 5:

A: Muito alta (até 2 meses);

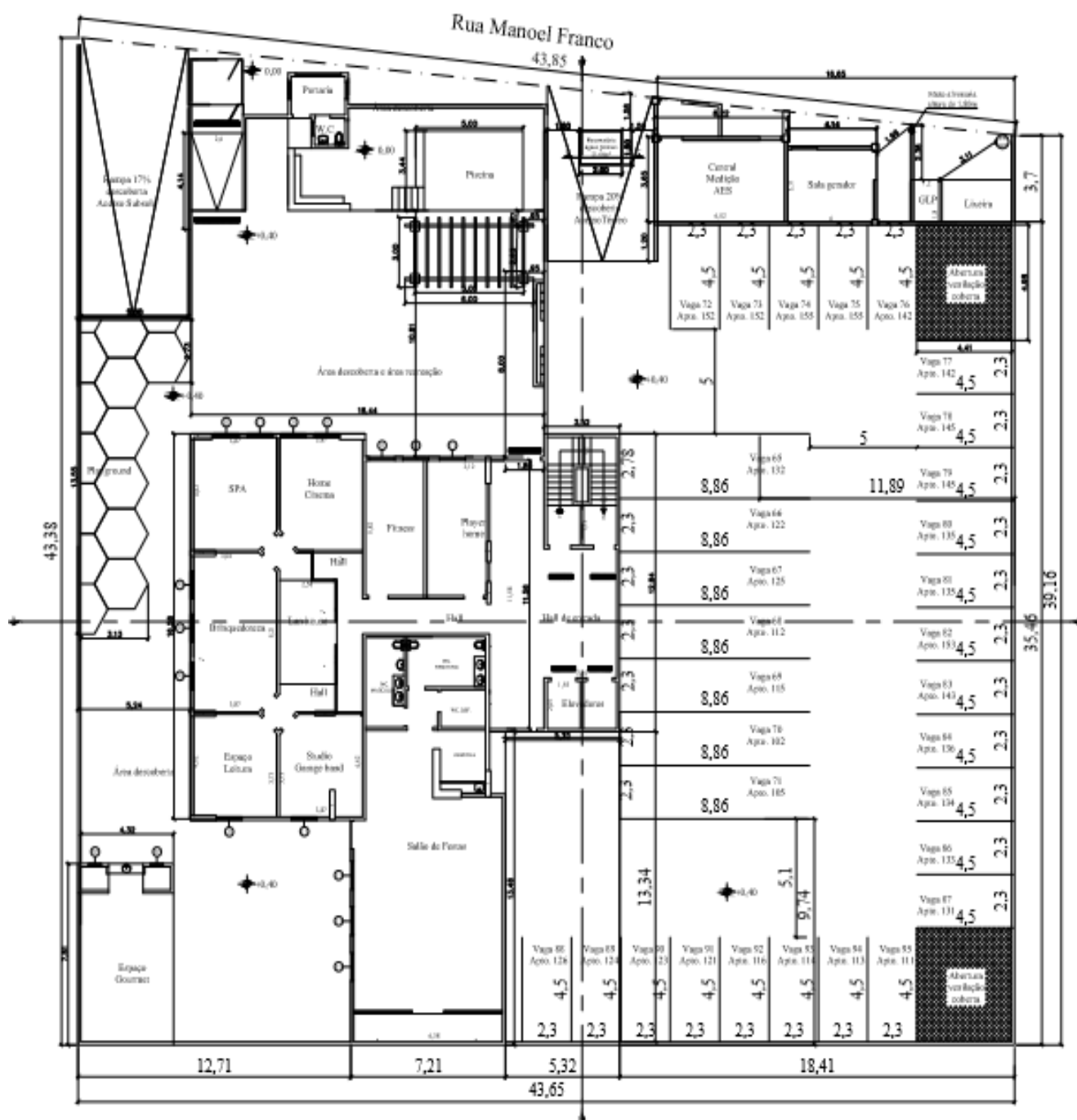
B: Alta (2 a 5 meses);

C: Média (5 a 9 meses).

Local	Vazões usuais (L/s)		Aparelhos indicados	Redução % média para alta pressão	R/I
Banheiros e vestiário					
Chuveiro	0,2	0,8	Registro regulador de vazão	40	A
			Válvula de fechamento automática	42	B
			Válvula acionamento com o pé	45	C
Lavatório	0,1	0,3	Registro regulador de vazão	40	A
			Arejador para bica ou torneira	24	B
			Torneira automática	48	A
			Torneira eletrônica	58	B
Mictório	0,1	0,25	Válvula mic. Automática/eletrônica	50	B
Bacia	12 litros		Bacia VDR para 6 litros	50	A
Cozinha					
Pia	0,13	0,4	Arejador para bica ou torneira	24	A
			Torneira automática	48	B
			Válvula acionamento com o pé	52	B
Lazer e áreas comuns					
Chuveiro/ piscina	----	----	Registro regulador de vazão	40	A
			Torneira automática	48	A
			Válvula acionamento com o pé	45	A
Playground, jardins, pátios	----	----	Torneira de acionamento restrito	----	----
Salão de festas e jogos	----	----	Torneiras, válvulas, mictórios: Considerar mesmos valores apresentados acima	----	----

Fonte: Adaptado de ANA et al. (2005).

ANEXO B – Pavimento térreo e área externa



Fonte: Produção do próprio autor (2017).

Fica a Dica!

Planeje a distribuição dos pontos de ligação provisória de água em locais próximos às frentes de trabalho, de forma a evitar perdas durante a obra.



Estude e dimensione os intervalos de vazões no canteiro de obras antes de executar o cavalete definitivo do hidrômetro de maneira a evitar erros de medição e encarecimento das contas de água.

O consumo de um operário não alojado é estimado em até 45 litros por dia, não estando inclusa a refeição. O valor passa para 65 litros por dia caso a refeição seja preparada na própria obra.

Divulgue os custos do consumo mensal de água no canteiro de obras para conscientização dos envolvidos



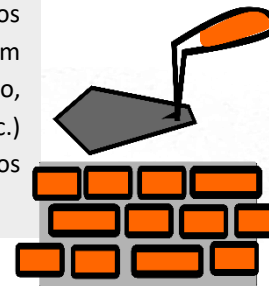
Verifique as instalações do canteiro e as possíveis existências de vazamentos

Apesar da água não ser vista como material de construção propriamente dito, o seu consumo é consideravelmente elevado nos serviços de construção civil. Por exemplo, para um metro cúbico de concreto, se gasta em média 160 a 200 litros e, na compactação de um metro cúbico de aterro, até 300 litros de água

Verifique a viabilidade de implantação de dispositivos redutores de água e sistemas de reuso de águas pluviais ou de lavagens para atividades de fins não notáveis



Deve-se atentar ao uso da água não apenas em processos construtivos mas também em áreas de vivência (refeitório, banheiros, bebedouros, etc.) para o consumo dos funcionários



Monitore o consumo de água durante as atividades de obra e nas áreas de vivência, e incentive atividades de redução de forma a sensibilizar os profissionais envolvidos

Água na construção civil: Da obra até o edifício

Em tempos de crise hídrica, pequenas atitudes fazem a diferença





97,5% da água do planeta é salgada, apenas **2,5%** é doce e a maior parte dela está aprisionada em aquíferos subterrâneos e geleiras, sendo que apenas **0,26%** dessa água está disponível em lagos, reservatórios e bacias hidrográficas

O **vazamento hidráulico**, é um dos principais causadores do desperdício água e encarecedores da sua conta. Evite-o cuidando da manutenção do seu prédio e realize vistoria frequentemente.



Uma família com 4 pessoas produz cerca de **520 litros** de efluentes por dia? Isso equivale a 15,6 m³ por mês.

O uso de **medidores individuais** além de auxiliar os moradores a controlarem o seu consumo, ajuda a reduzir a conta de água? Verifique se o seu prédio tem medição individualizada e se não houver, converse com o responsável da edificação a respeito do assunto.

O uso de **dispositivos economizadores** simples, como arejadores e reguladores de vazão em torneiras e chuveiros, podem proporcionar economia de água de **36%** em uma residência unifamiliar.

Dispositivo economizador	Custo médio
Arejador de vazão para torneira	R\$ 17,50
Regulador de Vazão para Ducha 8L/min	R\$ 26,60



O período de retorno do investimento em arejadores e reguladores de vazão, é de, em média, **7 meses**.

As águas de reuso **nunca** devem ser misturadas com água potável. Sempre que forem armazenadas para outros usos, seus reservatórios devem estar devidamente **sinalizados**, bem como suas tubulações.

Apesar do potencial de reuso que **as águas cinzas** apresentam para fins não potáveis, principalmente para edificações verticais, o seu custo benefício deve ser estudado com cautela, uma vez que o investimento para o seu tratamento e os custos com a manutenção do sistema costumam ser consideráveis



A **água pluvial** é muito útil para atividades de regas e lavagens de pisos nas áreas externas da edificação. Além disso, seu sistema de captação é simples e seu investimento tem um retorno de curto a médio prazo, dependendo da demanda, da área de captação e pluviometria da região

