

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA CIVIL
LEONARDO VILAS BOAS LUZ

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
REUSO DE ÁGUAS CINZAS E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL
EM UM RESIDENCIAL NO MUNICÍPIO DE MACHADO-MG**

VARGINHA
2016

LEONARDO VILAS BOAS LUZ

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
REUSO DE ÁGUAS CINZAS E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL
EM UM RESIDENCIAL NO MUNICÍPIO DE MACHADO-MG**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharelado sob orientação do Prof. Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior

**VARGINHA
2016**

LEONARDO VILAS BOAS LUZ

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
REUSO DE ÁGUAS CINZAS E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL
EM UM RESIDENCIAL NO MUNICÍPIO DE MACHADO-MG**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharelado pela Banca Examinadora Composta pelos membros:

Aprovado em 29 /11/2016

Prof. Dr. Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior

Prof. Esp. Luana Ferreira Mendes

Tamara Amabile Roberto Fonseca

RESUMO

Este trabalho visa caracterizar dois tipos de sistemas de reuso de águas, sendo eles: o reuso de águas cinzas e o sistema de aproveitamento de água pluvial. Ambos os sistemas buscam coletar, tratar e armazenar os efluentes oriundos de atividades domésticas e de chuva, para posteriormente utilizá-los em atividades não potáveis em uma residência. Reutilizar esta água já coletada e tratada, em atividades residenciais que não necessitam de qualidade potável como: descargas sanitárias, lavagem de pisos, irrigação de jardins e usos ornamentais ajudam a preservar os lençóis freáticos e os recursos hídricos, além de trazer uma viabilidade econômica em médio prazo. Ainda neste referente trabalho será feito uma análise para determinar os custos de implantação destes sistemas e concluir se eles realmente são viáveis, definindo em quanto tempo será o período de retorno dos investimentos. O objeto de estudo será um residencial situado em Machado-MG, e como ele está em obra, serão estimados o consumo de água dos moradores, a fim de serem projetados os sistemas.

Palavras chave: Sistemas de reuso de águas, viabilidade econômica dos sistemas.

ABSTRACT

This work aims to characterize two types of water reuse systems, such as the reuse of gray water and the system for the utilization of rainwater. Both systems seek to collect, treat and store effluents from domestic and rainwater activities and then use them for non-potable activities in a residence. Reuse this water already collected and treated in residential activities that do not require drinking quality such as: sanitary discharges, floor washing, garden irrigation and ornamental uses help to preserve groundwater and water resources, and bring economic viability in mid-term. Still in this reference work will be done an analysis to determine the costs of implementation of these systems and conclude if they really are feasible, defining how long will be the period of return on investments. The object of study will be a residential located in Machado-MG, and as it is in work, will be estimated the consumption of water of the residents, in order to be designed the systems.

Keywords: Water reuse systems, economic viability of systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema do sistema de reuso em uma edificação.....	18
Figura 2 - Processo de Osmose Reversa.....	19
Figura 3 - Filtro Anaeróbio.....	20
Figura 4 - Esquema de funcionamento de um sistema AAP.....	22
Figura 5 - Superfície Inclinada.....	26
Figura 6 - Residencial de estudo em construção.....	33
Figura 7 - Telhado do residencial em estudo.....	36
Figura 8 - Peneira utilizada no sistema de AAP.....	37
Figura 9 - Planta baixa dos pontos comerciais.....	40
Figura 10 - Planta baixa dos pavimentos residenciais.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativas de consumo residencial de água potável no Brasil.....	12
Tabela 2 - Frequência diária e duração do uso de dispositivos do banheiro.....	13
Tabela 3 - Consumo diário de cada morador do apartamento 402-A.....	14
Tabela 4 - Estimativa de consumo residencial para os EUA.....	14
Tabela 5 - Consumo médio de água com base em dados obtidos nos estudos.....	15
Tabela 6 - Qualidade água para reuso segundo a NBR 13969 e SINDUSCON.....	17
Tabela 7 - Frequência de manutenção.....	24
Tabela 8 - Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos não potáveis.....	25
Tabela 9 - Valores para o coeficiente de escoamento superficial.....	27
Tabela 10 - Coeficiente de rugosidade.....	30
Tabela 11 - Chuvas críticas.....	31
Tabela 12 - Taxa de ocupação.....	39
Tabela 13 - Consumo médio por pessoa.....	42
Tabela 14 - Estimativa para o consumo diário do residencial.....	42
Tabela 15 - Estimativa consumo em litros de água por atividade residencial.....	43
Tabela 16 - Contribuição diária de esgoto e lodo por tipo de prédio e ocupante.....	44
Tabela 17- Estimativa da contribuição diária de esgoto do pavimento residencial.....	44
Tabela 18 - Estimativa de contribuição diária de esgoto nos pontos comerciais.....	45
Tabela 19 - Precipitação média anual município de Machado-MG.....	46
Tabela 20 - Precipitação média dos meses.....	46
Tabela 21 – Dimensionamento dos reservatórios pelo Método Rippl.....	48
Tabela 22 - Dimensionamento dos reservatórios pelo Método Prático Australiano.....	52
Tabela 23 – Custos dos componentes do sistema de aproveitamento de água pluvial.	53
Tabela 24 – Custos dos componentes do sistema de reuso de água cinza	54
Tabela 25 – Custos do m ³ de água obtidos pelos dados do SAAE.....	55
Tabela 26 – Economia de água com implantação dos sistemas de reuso de águas.....	55
Tabela 27 – Tempo de retorno para recuperar os investimentos	56
Tabela 28 – Tempo de retorno dos investimentos com o sistema misto.....	56
Tabela 29 – Valor da economia mensal com o uso do sistema misto.....	56

LISTA DE SIGLAS

AAP – Aproveitamento de Água Pluvial
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA – Agencia Nacional de Águas
CDHU - Cia de Desenvolvimento Habitacional e Urbanização do Estado de São Paulo
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
FIESP - Federação da Indústria do Estado de São Paulo
HIDROWEB - Sistema de informações hidrológicas
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
NBR – Norma Regulamentadora
NMP – Número mais provável
NTU - Unidade Nefelométrica de Turbidez
OMS – Organização Mundial da Saúde
PNCDA - Programa Nacional de combate ao desperdício de água
PNMA - Política Nacional de Meio Ambiente
PURA - Programa de Uso Racional de Água
SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SINDUSCON - Associação da Indústria da construção civil do Estado de São Paulo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS	10
1.1.1 Objetivo Geral.....	10
1.1.2 Objetivos Específicos.....	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 Reuso de Água.....	11
2.1.1 Tipos de reuso de água.....	11
2.2 Estimativas do balanço hídrico para atividades residenciais.....	12
2.3 Água Cinza.....	15
2.3.1 Padrões de qualidade para o uso de água cinza.....	16
2.3.1.1 Componentes de um sistema de reuso de água cinza.....	18
2.3.2 Tipos de tratamento para água cinza.....	19
2.4 Captação e Aproveitamento de Água de pluvial (AAP).....	21
2.4.1 Funcionamento de um sistema de captação de água de chuva.....	22
2.4.1.1 Componentes de um sistema de AAP.....	23
2.4.2 Manutenção e qualidade de um sistema de AAP definidos por Norma.....	24
2.5 Precipitação.....	25
2.5.1 Parâmetros para o dimensionamento da área de contribuição.....	25
2.5.1.1 Métodos para o dimensionamento dos reservatórios.....	26
2.5.2 Parâmetros para o dimensionamento das calhas e condutores.....	27
2.6 Estudo de viabilidade dos sistemas.....	31
2.7 Normas e legislações para AAP (Aproveitamento de água de chuva).....	31
3 METODOLOGIA	33
3.1 Objeto de estudo.....	33
3.1.1 Levantamento de dados.....	34
3.2 Caracterização do sistema de reuso de água cinza.....	34
3.3 Caracterização do sistema AAP (Aproveitamento de Água pluvial).....	35
3.3.1 Descrição do projeto AAP.....	37
3.3.2 Análise dos custos e viabilidade dos sistemas.....	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.1 Estimativa de População.....	39
4.2 Estimativa do consumo residencial.....	41
4.2.1 Estimativa de esgoto residencial.....	43
4.2.2 Séries Históricas de precipitação.....	45
4.3 Dimensionamento dos reservatórios.....	47
4.3.1 Cálculo da área de contribuição.....	47
4.3.1.1 Método de Rippl.....	48
4.3.1.2 Método Azevedo Neto.....	49
4.3.1.3 Método Prático Alemão.....	49
4.3.1.4 Método Prático Inglês.....	50
4.3.1.5 Método Prático Australiano.....	51
4.4 Dimensionamento do sistema de reuso de água cinza.....	52
4.5 Conclusões sobre os sistemas.....	53
4.6 Custos de implantação dos sistemas no residencial.....	53
4.6.1 Viabilidade dos sistemas para o residencial.....	54
6 CONCLUSÃO	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a preocupação gira em torno do que deve ser feito para que a água seja melhor utilizada, de forma a garantir o abastecimento nas atividades domésticas e industriais. Uma das soluções para o problema seria a adoção de estratégias no sentido de reduzir o consumo de água (MANCUSO;SANTOS, 2003).

Em meio a todo este contexto, percebe-se que vários especialistas no assunto e organizações estão investindo em estudos que revelem novas formas de reaproveitamento de água, donde surgem algumas alternativas interessantes. A captação de água pluvial para atividades não potáveis em residências é uma alternativa que vem crescendo com o passar dos anos, pois provoca pouco ou quase nenhum impacto ambiental, se comparado com outros meios.

Outro sistema que também se mostra viável é a reutilização de águas cinzas, onde uma água já usada no lavatório é coletada e por exemplo, pode ser reutilizada para descargas de bacias sanitárias. Embora esta técnica seja relativamente simples para se instalar em um empreendimento ainda em fase de construção, ela não parece ser ainda muito aceita no nosso país.

Este trabalho busca caracterizar estes dois tipos de sistemas de reuso de águas através da literatura e artigos de modo a entender seu funcionamento. Será feito ainda um estudo com a finalidade de determinar o custo de implantação destes sistemas e posteriormente concluir se é viável o uso de sistemas de reuso de águas.

1.1 OBJETIVOS

Caracterizar os sistemas de reuso de águas cinza e aproveitamento de água de chuva para um sistema residencial multifamiliar e estudar sua viabilidade econômica.

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo caracterizar os sistemas de reuso de água cinza e captação de água de chuva para uso não potável de um residencial em Machado-MG.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Caracterizar o sistema de reuso de água cinza;
- Caracterizar o sistema de captação de água de chuva;
- Caracterizar o consumo de água do sistema residencial;
- Analisar a viabilidade do sistema de aproveitamento de água de chuva
- Analisar a viabilidade do sistema de reuso de água cinza
- Analisar a viabilidade de um sistema misto

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Reuso de água

Segundo (METCALF; EDDY, 2003), o reuso de água é um processo onde se recupera uma água já utilizada, removendo totalmente ou parte de seus resíduos, com finalidade de reutilizá-la em alguma atividade onde sua aplicação será com menor exigência qualitativa.

O reuso de água com qualidade inferior proporciona uma menor demanda por água de mananciais. Esta contribuição promove uma melhor preservação e racionamento dos recursos hídricos de qualidade potável.

2.1.1 Tipos de reuso de água

De acordo com (MARTINS; SILVA, 2000), o reuso de água pode ocorrer de forma direta e indireta, como apresentado a seguir em uma forma mais detalhada:

- Reuso indireto não planejado da água: ocorre quando a água, utilizada uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada à jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Caminhando até o ponto de captação para o novo usuário, ela está sujeita a ações naturais do ciclo hidrológico, tais como diluição e autodepuração.
- Reuso indireto planejado da água: ocorre quando os efluentes são tratados e posteriormente, descarregados de forma planejada em corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizados à jusante, de maneira controlada e visando algum objetivo benéfico. Este tipo de reuso também pressupõe que haja um controle sobre eventuais novas descargas de efluentes que possam ocorrer durante o caminho, sempre assegurando que o efluente tratado venha a se misturar somente com efluentes de igual qualidade e padrão de tratamento.
- Reuso direto planejado da água: ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são encaminhados diretamente do seu ponto de descarga para o local de reuso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso, por exemplo, de redes paralelas destinadas ao uso industrial, irrigação, recarga de aquífero, etc.

- Reciclagem de água: é o reuso interno de água, antes que se faça a descarga da mesma em um sistema geral de tratamento ou em outro local de disposição. A reciclagem de água serve como fonte suplementar de abastecimento do uso original, sendo considerada como um caso particular do reuso direto.

2.2 Estimativas do balanço hídrico para atividades residenciais

O consumo de água em um ambiente pode ser dar através de atividades corriqueiras do nosso dia a dia como: alimentação, lavagem de roupas e utensílios domésticos, higiene pessoal, cuidados com a residência, combate a incêndios, limpeza dos animais, lazer entre outros (FIESP, 2005).

Segundo estudos levantados pelo Programa de Uso Racional de Água (PURA, 1999), os maiores consumos de água em uma residência são devido ao uso dos chuveiros, vasos sanitários e as pias de cozinha. A Tabela 1 demonstra os dados levantados por alguns estudos:

Tabela 1: Estimativas de consumo residencial de água potável no Brasil

Consumo residencial de água potável	Porcentagem de consumo		
	Pesquisa realizada pela USP ⁱ	Pesquisa realizada pelo IPT / PNCDA ⁱⁱ	Pesquisa realizada pela DECA ⁱⁱⁱ
Vaso Sanitário	29%	5%	14%
Chuveiros	28%	54%	46,7%
Lavatório	6%	7%	11,7%
Pia de cozinha	17%	17%	14,6%
Tanque	6%	10%	4,9%
Máquina de lavar roupas	5%	4%	8,1%
Máquina de lavar louças	9%	3%	-
TOTAL	100%	100%	100%

Fonte: i-USP (1999); ii-IPT (2000);iii-DECA: (2000).

Como pode ser observado na Tabela 1, nos estudos levantados pelo Programa Racional de água (PURA, 1999) e DECA (Uso racional de água, 2000) o consumo de água referente ao uso do vaso sanitário são bem maiores comparados ao do Programa Nacional de combate ao desperdício de água (PNCDA, 2000).

Este estudo levantado pelo IPT ao PNCDA (Programa Nacional de combate ao desperdício de água) foi realizado em um conjunto habitacional da CDHU (Cia de Desenvolvimento Habitacional e Urbanização do Estado de São Paulo) onde todas as

residências tinham caixa acoplada implantadas nos vasos sanitários reduzindo assim a vazão de descarga.

Outro dado que chama atenção em relação ao estudo é a alta porcentagem de consumo referente ao uso do chuveiro e da máquina de lavar roupa. De acordo com os dados do programa PURA (1999), 33% de todo consumo total da residência foi destinada a estas atividades, na pesquisa do PNCDA (2000) 58% e para o DECA (2000) 54,8%.

Ferreira (2005) levantou outro estudo referente ao consumo de água em um residencial situado em Santa Catarina, com base em medições de vazões, medições do consumo diário, entrevistas e coleta de dados com os moradores do local. A Tabela 2 refere-se ao consumo de água e a quantidade de vezes que os dispositivos do banheiro são acionados:

Tabela 2: Frequência diária e duração do uso de dispositivos do banheiro para cada morador

Atividade	Vezes/dia	Duração (s)	Vazão (L/s)	Total (L/dia)
Chuveiro	1,0	480,0	0,03	13,9
Vaso Sanitário	2,7	7,0	1,70	32,2
Higiene bucal	3,0	8,0	0,12	2,9
Lavação de mãos	3,0	7,0	0,12	2,5
Lavação do rosto	2,0	10,0	0,12	2,4
Barbação	0,4	45,0	0,12	2,3
TOTAL GERAL				56,3

Fonte: (Ferreira, 2005 p.75)

Como é demonstrado na Tabela 2 o consumo de água referente ao uso do vaso sanitário chama atenção. De todas as atividades listadas o consumo de água do vaso sanitário chega a mais de 57% do consumo das atividades do banheiro. A Tabela 3 descreve o consumo diário das atividades dos moradores:

Tabela 3: Consumo diário de cada morador do apartamento 402-A

	Usos Finais (%)		
	Morador 1	Morador 2	Apto 402-A
Total em Litros	102,9	129,2	116,0
Chuveiro	13,5	26,9	20,2
Vaso Sanitário	31,3	29,3	30,3
Lavatório	9,8	7,6	8,7
Lavação de Louça	32,1	25,6	28,8
Preparo de Alimentos	1,9	1,5	1,7
Lavação de Roupas	6,9	5,5	6,2
Limpeza do Apto	4,5	3,6	4,0

Fonte: (Ferreira, 2005 p.77)

Como foi demonstrado na Tabela 3, o consumo de água nas atividades de banho e lavagem de roupas chega a quase 40% do total diário, valor bem significativo.

De acordo com os autores Brow (1986); Caldwell (1986) e apud Tomaz (2000), há um levantamento de dados relativos ao consumo de água residencial dos EUA (Estados Unidos da América), onde os aparelhos sanitários de descarga e máquinas de lavar roupas juntos consomem cerca de 57% do volume total diário. A Tabela 4 demonstra os dados do consumo residencial de água para os EUA:

Tabela 4: Estimativa de consumo residencial para os EUA

Consumo interno em uma residência	Porcentagem de consumo em uma residência
Vaso Sanitário	35%
Lavagem de Roupa	22%
Chuveiros	18%
Torneiras	13%
Banheiras	10%
Lavagem de Pratos	2%
TOTAL	100%

Fonte: Brow (1986); Caldwell (1986) apud Tomaz (2000).

Através dos levantamentos de vários autores, o consumo de água residencial destinado as atividades que não necessitam de água com qualidade potável é alta. Há uma grande falta de incentivo por parte das autoridades quanto a este principio de reuso. Se houvesse algumas leis mais rigorosas e impostas para o processo de reutilização, grande parte de nossos recursos hídricos seriam poupados.

A Tabela 5 foi elaborada com base em todos os estudos levantados acima onde se obteve uma média geral de consumo residencial:

Tabela 5: Consumo médio de água com base em dados obtidos nos estudos

Consumo	Pesquisa DECA	PNCDA	Pesquisa USP	Ferreira Morador 1 (2005)	Consumo residencial EUA	Consumo Médio
Bacia sanitária	14%	5%	29%	31,30%	35%	23%
Chuveiro	46,70%	54%	28%	13,50%	18%	32%
Lavatório	11,70%	7%	6%	9,80%	13%	10%
Pia (cozinha)	14,60%	17%	17%	34%	-	21%
Tanque	4,90%	10%	6%	-	-	7%
Máquina de lavar roupas	8,10%	4%	5%	6,90%	22%	9%
Máquina de lavar louças	-	3%	9%	4,50%	2%	5%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fonte: (Autor, 2016)

A Tabela 5 demonstra a média de consumo de água residencial, e como puderam ser observadas, as atividades que podem envolver o reuso de águas pode superar 40% de um consumo residencial.

2.3 Água Cinza

As águas cinzas são provenientes de atividades como banho, uso de lavatórios lavagem de roupa e louça.

Segundo o manual da FIESP (2005), temos que:

“Água cinza para reuso é efluente doméstico que não possui contribuição da bacia e pia de cozinha, ou seja, os efluentes gerados pelo uso de banheiras, chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar roupas, escritórios comerciais, escolas etc” FIESP (Brasil ET AL.,2005, p.58).

As águas cinzas são separadas em dois grupos: água cinza clara e água cinza escura respectivamente. O primeiro grupo são águas oriundas de banheiras, chuveiros, lavatórios e maquinas de lavar roupas. Já o segundo, são aquelas provindas de pia de cozinha e maquinas de lavar prato, onde há um grande contato com resíduos orgânicos e óleos (HESPANHOL, 2006).

De acordo com o manual da FIESP (2005, p.87), os principais requisitos a serem cumpridos para o reuso de água cinza são:

- Preservação da saúde dos usuários;
- Preservação do meio ambiente;

- Atendimento as exigências relacionadas às atividades a que se destina;
- Quantidade suficiente ao uso a que será submetida.

Como citado acima, alguns cuidados devem ser tomados para poder reutilizar águas cinzas. Por exemplo, modificar a tubulação onde essa água vai passar com uma coloração diferente, fazer testes para verificar a qualidade da mesma e ficar atento à manutenção do sistema de abastecimento.

2.3.1 Padrões de qualidade para o uso de água cinza

O reuso de água em qualquer aplicação deve atender há alguns critérios de qualidade, sendo estes impostos por leis e artigos. A legislação brasileira que impõe padrões de qualidade quanto ao uso de água potável são as Portaria 36/GM e a Portaria 1469 de 2000.

Para o reuso de água para fins não potáveis, a Norma Regulamentadora Brasileira que impõe condições de qualidade e segurança na distribuição é a NBR 13969/1997 (Tanques Sépticos). Ela estabelece a necessidade de tratamento de influentes ao seu devido reuso, desde que estes sejam provindos de atividades domésticas e tenham características parecidas. A referida norma estabelece abaixo os graus de tratamento referentes ao reuso:

- 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 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez); coliforme fecal inferior a 200 NMP (Número mais provável)/100ml; 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- Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes. Turbidez inferior a 5 NTU; coliforme fecal inferior a 500 NMP/100ml; cloro residual superior a 0,5 mg/l.
- Classe 3- Reusos nas descargas de vasos sanitários. Turbidez inferior a 10 NTU; coliforme fecal inferior a 500 NMO/100ml.
- Classe 4- Reuso nos pomares, cereais, forragens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. Coliforme fecal inferior a 5000 NMP/100 ml e oxigênio dissolvido acima de

2,0 mg/l. As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

Além dos parâmetros qualitativos levantados pela NBR 13969/1997 (Tanques Sépticos), há também o manual da SINDUSCON (2005), onde são apresentados alguns aspectos relacionados à qualidade de água para reuso. Neste manual são divididos em duas classes:

- Classe 1: descarga de vasos sanitários, lavagem de pisos, fins ornamentais, lavagem de roupas e veículos;
- Classe 2: lavagem de agregados, preparação de concretos, compactação de solos e controle de poeira.

Na Tabela 6 são apresentados os padrões de qualidade de água para reuso segundo a NBR 13969/1997 (Tanques Sépticos) e o manual da SINDUSCON (2005):

Tabela 6: Qualidade água para reuso segundo a NBR 13969/1997 e SINDUSCON (2005)

Classes	Parâmetros					
	NBR 13969/1997	Turbidez (uT)	pH	SDT (mg/L)	Cloro residual (mg/L)	Oxigênio dissolvido (mg/L)
Classe 1	< 5	6,0 e 8,0	< 200	0,5 e 1,5	-	< 200
Classe 2	< 5	-	-	< 0,5	-	< 500
Classe 3	< 10	-	-	-	-	< 500
Classe 4	-	-	-	-	> 2,0	< 5000
SINDUSCON (2005)						
Classe 1	≤2	6,0 e 9,0	≤ 500	≤0,5	-	Não detectáveis
Classe 2	-	6,0 e 9,0	-	-	-	≤ 1000

Fonte: (NBR 13969/1997 e SINDUSCON)

Como já citado acima, tais atividades não podem ser destinadas ao uso potável. Porém, mesmo que entre em contato com o usuário, a porcentagem de coliformes é pequena por já ter sido tratada, sendo não prejudicial à saúde humana. Esta água de reuso deve apresentar boa qualidade de turbidez e baixo índice de coliformes.

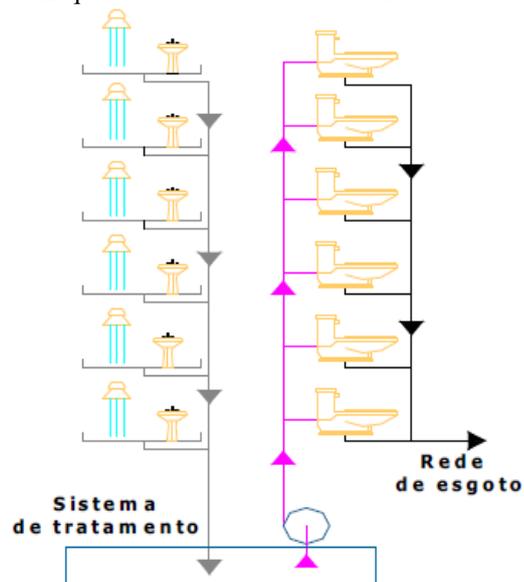
2.3.1.1 Componentes de um sistema de reuso de água cinza

Segundo (JEFFERSON ET AL, 1999), o sistema de reuso de água cinza em uma residência é composto pelos seguintes componentes:

- Coletores: Sistema de condutores horizontais e condutores verticais que transportam o efluente proveniente do chuveiro, do lavatório e da máquina de lavar;
- Armazenamento: Sistema composto por reservatórios de acumulação com objetivo de armazenar águas cinzas provenientes de pontos de coleta;
- Tratamento: O sistema de tratamento das águas cinzas depende da qualidade da água coletada e o seu uso final.

A Figura 1 demonstra com melhor clareza esses três tipos do sistema de reuso de água cinza:

Figura 1: Esquema do sistema de reuso em uma edificação



Fonte:(Jefferson et al, 1999)

O sistema de coleta deve obedecer aos critérios da NBR 8160/1999 (Projeto execução e manutenção dos sistemas de esgoto) que deve utilizar o método das Unidades Hunter de contribuição (UHC).

Ainda segundo (JEFFERSON, 1999), alguns cuidados devem ser tomados na hora de definir qual será o tipo do sistema. Por exemplo, para a armazenagem de água o sucesso está relacionado com o volume gerado e a demanda de água cinza que

serão necessários para ser atender a necessidade dos moradores. Quanto ao tratamento, o que define o método a ser executado é a finalidade com que essa água será destinada.

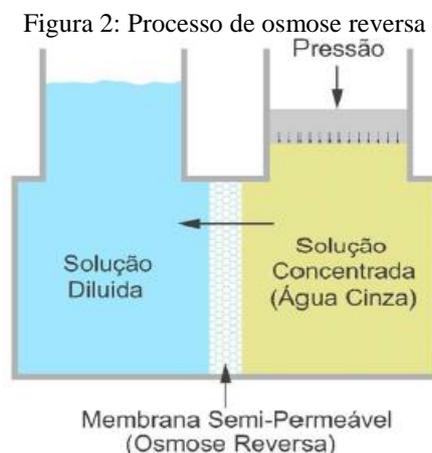
2.3.2 Tipos de tratamento para água cinza

Atualmente foram levantados várias pesquisas e estudos com objetivo de abaixar o nível de complexidade dos sistemas de tratamento de água cinza. Mas o que geralmente define qual o sistema a ser adotado é a sua finalidade para o uso. Para este referente trabalho o uso final da água será para descargas sanitárias, o que determina uma qualidade inferior.

Um sistema simples que pode ser adotado em um residencial de pequeno porte é a técnica de osmose reversa, onde ocorre um fenômeno natural físico-químico. Esta técnica consiste em colocar em um único recipiente duas soluções com diferentes concentrações, separadas por uma membrana semipermeável, que tem finalidade de remover impurezas.

Se duas soluções são separadas por esta membrana, suas diferenças de potencial químico promovem uma difusão da água do compartimento com maior concentração para o mais diluído, fazendo com que ambos fiquem em equilíbrio. Este processo de separação ocorre devido a uma força motriz que separa as impurezas originais em forma de um concentrado (OKTE, 2008).

De acordo com (MANCUSO; SANTOS, 2013), é no equilíbrio das duas soluções que a diferença de nível nos dois compartimentos corresponde a pressão osmótica. A seguir a figura 2 demonstra como é o funcionamento da osmose reversa:

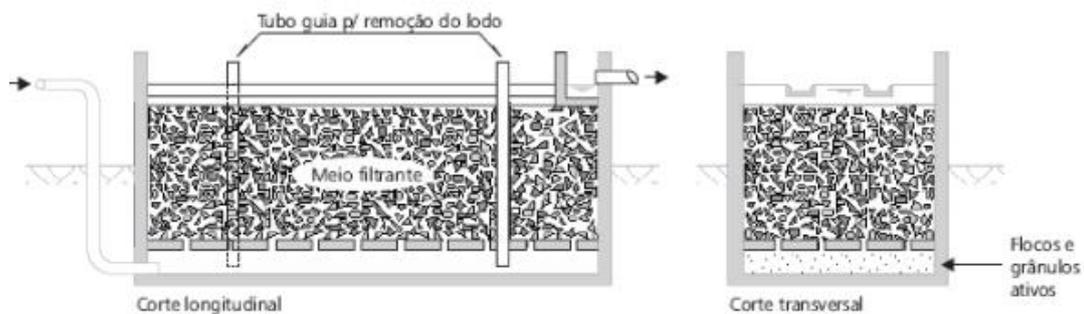


Fonte: (OKTE, 2008)

Outro tipo de tratamento que pode ser empregado em uma residência são os filtros anaeróbios com auxílio de filtro de areia. A NBR 13969/1997 (Tanques Sépticos) define como sendo um reator biológico onde o esgoto é depurado por meio de microorganismos não aeróbios, dispersos tanto no espaço vazio do reator quanto nas superfícies do meio filtrante. Este é utilizado mais como retenção dos sólidos.

Normalmente são de concreto, projetados para funcionarem com recirculação do efluente o que reduz a formação de odores e impedem o desenvolvimento de moscas. O material filtrante não deve ter dimensões diferentes, pode ser de material plástico, brita ou material resistente a meios agressivos (MANCUSO; SANTOS, 2003). A figura 3 demonstra o filtro anaeróbio:

Figura 3: Filtro Anaeróbio



Fonte: (Andrade Netto, 1999)

Por ser um sistema simples, ele requer um bom controle operacional. A NBR 13969/1997 (Tanques Sépticos) define alguns parâmetros quanto a sua limpeza e manutenção:

- Para a limpeza do filtro deve ser utilizada uma bomba de recalque, introduzindo-se o mangote de sucção pelo tubo-guia, quando o filtro dispuser daquele;
- Se constatado que a operação acima é insuficiente para retirada do lodo, deve ser lançada água sobre a superfície do leito filtrante, drenando-a novamente. Não deve ser feita a “lavagem” completa do filtro, pois retarda a partida da operação após a limpeza;
- Nos filtros com tubos perfurados sobre o fundo inclinado, a drenagem deve ser feita colocando-se mangote de sucção no poço de sucção existente na caixa de entrada, conforme representado no anexo B, figuras B.2 e B.3. Se

constatada a insuficiência de remoção de lodo, deve-se seguir a instrução da alínea b) (NBR 13969:1997, Tanque Séptico).

Para o dimensionamento do volume dos filtros anaeróbios a NBR 13969/1997 apresenta a equação (1):

$$Vu = 1,6 N x C x T \quad (1)$$

Onde:

- N = número de contribuintes;
- C = contribuição de despejos, em litros x habitantes/ dia;
- T = tempo de detenção hidráulica, em dias.

NOTA - O volume útil mínimo do leito filtrante deve ser de 1000 litros.

A última etapa sendo muito importante no processo de tratamento é a desinfecção. Segundo a (NBR 13969/1997, TANQUES SÉPTICOS p,16), todos os efluentes que tenham como destino final corpos receptores superficiais ou galerias de águas pluviais, além do reuso, devem sofrer processos de desinfecções.

São proporcionados dois tipos de alternativas para a cloração, são estes definidos pela NBR 13969/1997:

- Processo de gotejamento de hipoclorito de sódio;
- Processo de pastilhas de hipoclorito de sódio.

Ambos os processos são simples, e não necessitam de cuidados periódicos.

2.4 Captação e Aproveitamento de Água de pluvial (AAP)

O uso ou manejo de águas pluviais é um conceito antigo adotado em vários países pelo mundo. Por ser um sistema simples e com grandes expectativas de retorno, há uma grande aceitação por este. Em tempos de escassez de águas o número de projetos de captação pluvial está cada vez ganhando mais espaço.

Tosetto (2005) relata que para estabelecer um aumento na implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva, o governo deveria dar mais incentivo e reduzir impostos.

Segundo (TOMAZ, 2003), é de suma importância antes de projetar e aplicar o uso de AAP, ter o conhecimento prévio da quantidade de água que poderá ser coletada e a sua aplicação após a armazenagem e tratamento.

Segundo (MANCUSO; SANTOS, 2003), para se implantar um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva em uma residência, são necessários alguns dados referentes ao local onde será instalado:

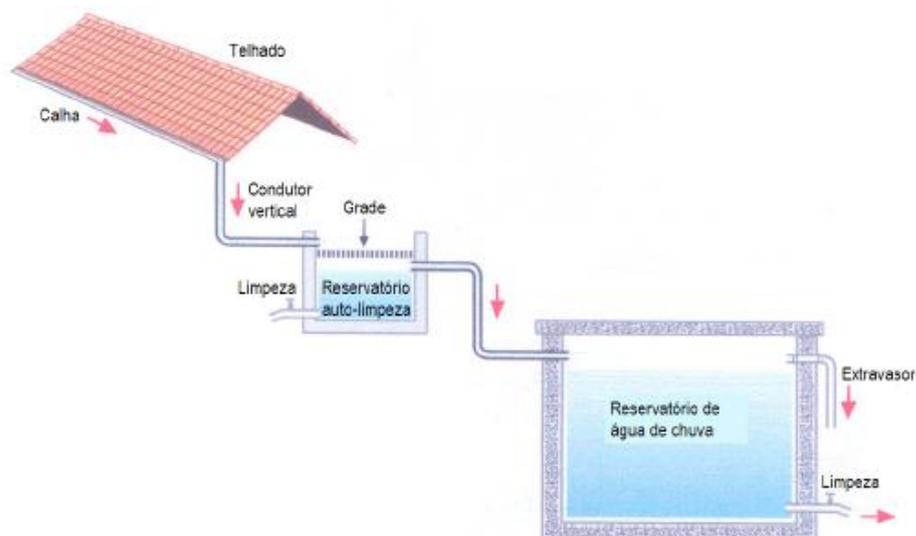
- Precipitação média;
- Consumo per capita;
- Número de habitantes da residência;
- O uso que será dado a essa água.

No Brasil a NBR 15527/2007 (Aproveitamento de Água de chuva) estabelece os requisitos necessários para o uso e implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis. A referida norma especifica condições como: qualidade da água, manutenção e operação do sistema, reservatórios e o seu bombeamento.

2.4.1 Funcionamento de um sistema de captação de água de chuva

Segundo (LEAL, 2000), o sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva funciona da seguinte maneira: a água é coletada por áreas impermeáveis geralmente sendo os telhados, em seguida é tratada e armazenada em reservatórios em seguida é distribuída para a residência. A seguir na figura 4 segue um modelo de sistema AAP:

Figura 4: Esquema de funcionamento de um sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva



Fonte: (Tomaz, 2003)

Tomaz (2003) aponta alguns cuidados especiais a serem tomados quanto à instalação e manutenção de um sistema de aproveitamento de água de chuva:

- A entrada de luz do sol devera ser controlada para evitar a proliferação de microorganismos;
- A tampa de inspeção devera sempre estar fechada;
- Pelo menos uma vez ao ano devera ser feita a limpeza no reservatório removendo lodos que se acumulam no fundo;
- A água coletada devera ser apenas usada para fins não potáveis;
- A tubulação que de águas pluviais deverão ser de coloração distinta para realçar uso não potável;
- Deverá ser verificada a qualidade das águas pluviais armazenadas.

2.4.1.1 Componentes de um sistema de AAP

Segundo Tomaz (2003), os componentes de um sistema de aproveitamento de água de chuva são: área de captação, calhas, condutores, mecanismo de limpeza de água, reservatório, extravasor e o sistema de distribuição de água. Abaixo segue a descrição de cada componente e suas finalidades.

A área de captação geralmente são os telhados, podendo ser eles inclinados ou planos. As telhas que compõe o telhado podem ser de vários materiais como, por exemplo: cerâmicas, fibrocimento, zinco entre outros materiais.

As calhas e os condutores têm a função de transportar as águas coletadas pelo telhado até o reservatório. As calhas podem ser de PVC ou metálicas. Em alguns sistemas de calhas e condutores são acoplados peneiras para barrar a passagem de materiais sólidos que escoam junto com a água.

Os mecanismos de limpeza têm a finalidade de separar ou filtrar impurezas que podem ter sido arrastadas com a água. Para esta função de limpeza será utilizado filtro de areia.

Os reservatórios têm a função de armazenar a água já coletada, para posteriormente serem utilizadas. Podem ser feitos de vários tipos de materiais. Os mais comuns são de concreto armado e plásticos poliéster.

De acordo com Tomaz (2003), os extravasores são dispositivos que são colocadas para impedirem a entrada de pequenos animais.

Os sistemas de distribuição de água servem para realizar o fornecimento e abastecimento de água. Os principais componentes de seu sistema são: bomba, cano, válvula entre outros (TOMAZ, 2003).

2.4.2 Manutenção e qualidade de um sistema de AAP definidos por Norma

A NBR 15527/2007 (Aproveitamento de Água de Chuva) define alguns parâmetros para a manutenção de um sistema de AAP descritos nas Tabelas 7:

Tabela 7: Frequência de manutenção

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
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: (NBR 15527/2007)

Como observado na Tabela 7 para o bom funcionamento de um sistema de aproveitamento de água de chuva deve-se ter cuidados periódicos em relação a sua manutenção. Pois a não realização destes processos pode levar complicações a quem o utiliza.

A Tabela 8 retirada da NBR 15527/2007, indica quais são os parâmetros de qualidade, que as águas coletadas de chuva devem ter para que possam ser usadas em atividades não potáveis:

Tabela 8: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH ^c
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
^a No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.		
^b uT é a unidade de turbidez.		
^c uH é a unidade Hazen.		

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

4.5.3 Quando utilizado o cloro residual livre, deve estar entre 0,5 mg/L e 3,0 mg/L.

Fonte: (NBR 15527/2007)

2.5 Precipitação

Cunha (2008) define precipitação como sendo o conjunto de águas originadas do vapor atmosférico que atinge a superfície terrestre. A chuva ou precipitação pluvial é de suma importância no campo da hidrologia, pois ela é quem abastece os mananciais e rios através do escoamento superficial.

O local de estudo é a cidade de Machado-MG, segundo dados levantados pelo portal HIDROWEB (Sistema de informações hidrológicas) a precipitação varia de 178,83mm/h a 43,57mm/h em uma série histórica de 30 anos.

2.5.1 Parâmetros para o dimensionamento da área de contribuição

A área de contribuição são as somas das superfícies que entram em contato com as chuvas e conduzem as águas para as calhas ou condutores. A NBR 10844/1989 (Instalações Prediais de Águas Pluviais) define a equação (2) para determinação da área de contribuição:

$$A_{telhado} = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b \quad (2)$$

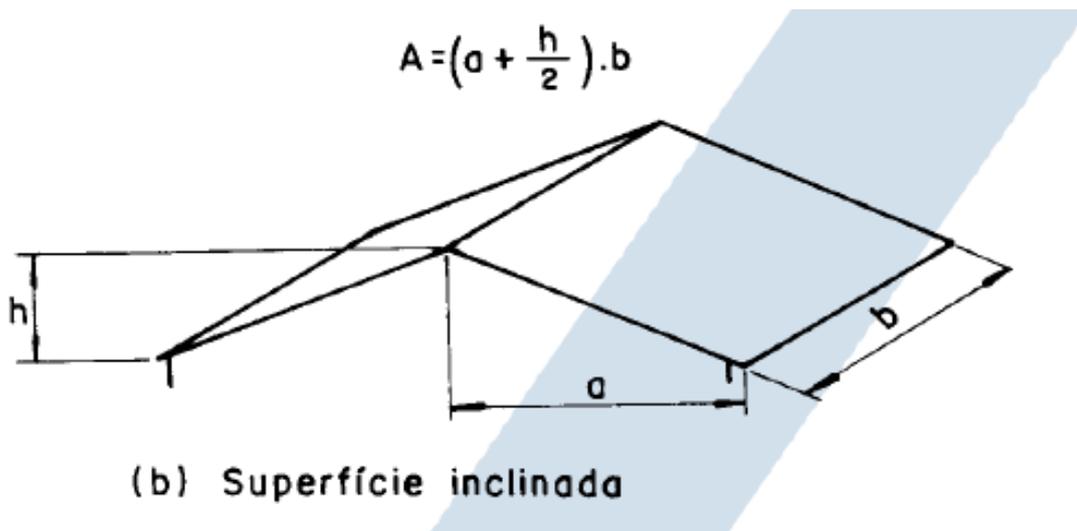
Onde:

- $A_{telhado}$ = área de contribuição do telhado (m²)

- a= menor dimensão do telhado
- b= menor dimensão do telhado
- h= altura do telhado (m)

A figura 5 apresenta um tipo de telhado de duas águas demonstrando as variáveis utilizadas na equação (2) da NBR 10844/1989:

Figura 5: Superfície inclinada



Fonte: (NBR 10844/1989)

2.5.1.1 Parâmetros para determinar a vazão da área de contribuição

Para determinar a vazão de água escoada pela área de contribuição será o método racional de Azevedo Netto (1998) que consiste em adotar um coeficiente “C” de escoamento superficial. Segue o seu modelo de cálculo:

$$Q = c \times i \times A \quad (3)$$

Onde:

- Q = vazão em (l/s ou m³/s)
- c = coeficiente de escoamento superficial
- i = intensidade da chuva de duração igual ao tempo de concentração (m³/s/m²)
- A = Área projetada de cobertura (m²)

Para encontrar o coeficiente de escoamento superficial é utilizada a tabela 9 com diferentes valores variando com o tipo de material onde a água é conduzida.

Tabela 9: Valores para o coeficiente de escoamento superficial

Superfície	C	
	Intervalo	valor esperado
Pavimento		
asfalto	0,70 - 0,95	0,83
concreto	0,80 - 0,95	0,88
calçadas	0,75 - 0,85	0,80
telhado	0,75 - 0,95	0,85
Cobertura: grama, arenoso		
plano (2%)	0,05 - 0,10	0,08
médio (2 a 7%)	0,10 - 0,15	0,13
alta (7%)	0,15 - 0,20	0,18
Gramma, solo pesado		
plano (2%)	0,13 - 0,17	0,15
médio (2 a 7%)	0,18 - 0,22	0,20
declividade alta	0,25 - 0,35	0,30

Fonte: (ASCE, 1969)

2.5.2 Métodos para o dimensionamento dos reservatórios

A NBR 15527/2007 define alguns métodos usuais e utilizados para definição do dimensionamento dos reservatórios. Abaixo segue alguns dos métodos:

Um método muito utilizado por sua simplicidade é o método de Rippl. Neste método podem-se usar as séries históricas mensais ou diárias de precipitação de chuva:

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (4)$$

$$Q(I) = C \times i(t) \times A \quad (5)$$

Onde:

- S (t) = é o volume de água no reservatório no tempo t;
- Q (t)= é o volume de chuva aproveitável no tempo t;
- D (t)= é a demanda ou consumo no tempo t;
- C = coeficiente de escoamento superficial

Para encontrar o coeficiente de escoamento superficial é utilizada a Tabela 9 com diferentes valores variando com o tipo de material onde a água é conduzida.

Outro método muito utilizado é o de Azevedo Netto que consiste em obter o volume de chuva através da equação (6) demonstrada a seguir:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (6)$$

Onde:

- P = valor numérico de precipitação média anual expressa em milímetros (mm)
- T = número de meses com pouca chuva
- A = valor numérico da área de coleta em projeção (m²)
- V = volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em (l)

O Método Prático Alemão é um artifício empírico que baseia suas equações nos valores anuais de precipitação e a demanda anual de água. A equação (7) demonstra este método:

V adotado = mínimo de (volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo) x 0,06 (6%) (7)

$$V_{\text{adotado}} = \text{mínimo entre } (V \text{ e } D) \times 0,06 \text{ (6\%)} \quad (7)$$

onde:

- V = volume anual de precipitação aproveitável (L);
- D = demanda anual de água não potável (L).

O método prático inglês consiste em determinar o volume de chuva pela equação (8):

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (8)$$

Onde:

- P = valor numérico da precipitação média anual, expresso em (mm)
- A = valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em (m²)
- V = volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em (l)

O Método Prático Australiano é o último método apresentado pela norma que consiste em avaliar todos os meses e através de relações escolherem o reservatório que melhor atende anualmente. A equação (9) demonstra este método:

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (9)$$

Onde:

- C = escoamento superficial
- P = precipitação média mensal (mm)
- I = precipitação média de evaporação (mm)
- A = área de coleta (m²)
- Q = volume mensal produzido pela chuva (m³)

O volume do reservatório é dado pela equação (10) a seguir:

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (10)$$

Onde:

- Q_t = Volume produzido de chuva no mês (t);
- V_t = volume de água que está no tanque no fim do mês;
- V_{t-1} = volume de água que está no tanque no início do mês;
- D_t = demanda mensal.

2.5.3 Parâmetros para o dimensionamento das calhas e condutores

As calhas de beiral e platibandas devem sempre que admissíveis serem fixadas centralmente sob a extremidade da cobertura, ou o mais perto possível com inclinação mínima de 0,5%. Para o dimensionamento da vazão da calha deverá ser utilizada a equação (11) de Manning da NBR 10844/1989:

$$Q_{calha} = K \times \frac{h}{2} \times RH^{2/3} \times i^{1/2} \quad (11)$$

$$S = l \times h \quad (12)$$

$$P = 2 \times h + l \quad (13)$$

$$RH = \frac{S}{P} \quad (14)$$

Onde:

- Q = Vazão de projeto, em L/min
- S = área da seção molhada, em (m²)
- n = coeficiente de rugosidade (Ver Tabela 18)
- R = raio hidráulico, em (m)
- P = perímetro molhado, em (m)
- i = declividade da calha, em (m/m)
- $K = 60.000$

A Tabela 10 demonstra o valor do coeficiente de rugosidade (n) para cada tipo de material utilizado na fórmula de Manning-Strickler NBR 10844:1989:

Tabela 10: Coeficiente de rugosidade

Material	n
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não-alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: (NBR 10844/1989, p.6)

Segundo (BOTELHO; RIBEIRO, 1998 apud TOMAZ, 2003 p.71) há um modelo simples para o dimensionamento dos condutores horizontais, o qual fornece o diâmetro do tubo de acordo com a intensidade de chuva críticas que variam de 120mm/h a 150mm/h. A Tabela 11 apresenta os diâmetros dos tubos de acordo com a intensidade de chuvas críticas:

Tabela 11: Chuvas críticas

Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Área de telhado	
		Chuva de 150 (mm)	Chuva de 120 (mm)
50	0,57	14	17
75	1,76	42	53
100	3,78	90	114
125	7	167	212
150	11,53	275	348
200	25,18	600	760

Fonte: (BOTELHO; RIBEIRO, 1998 apud TOMAZ, 2003 p.71)

2.6 Estudo de viabilidade de um sistema

Segundo (LEAL, 2015) viabilidade econômica é o estudo ou característica de uma atividade ou empreendimento que busca traduzir se os esforços aplicados a uma ação serão vantajosos e compensados futuramente ao financiador. Neste referente trabalho será feito uma análise para ver se o custo de implantação destes sistemas de reuso de água será viável em um período de tempo, a fim de reduzir gastos nas contas de água do residencial.

2.7 Normas e legislações para AAP (Aproveitamento de água de chuva)

A primeira legislação, no Brasil, a abordar o uso da água foi o Código das Águas de 1934, instituído pelo Decreto Federal nº. 24.643, que ponderava a água um recurso inesgotável, portanto passível de utilização abundante. Pelo Código das Águas os desvios das águas dos rios começaram a depender da outorga de permissões.

No Brasil, apesar dos avanços na área ambiental, apenas em 1981, com a instituição da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), pela Lei no 6.983, e a criação do Conselho Nacional de Meio Ambiente, o país passou a contar com um arcabouço legal e com o ordenamento institucional necessário ao tratamento dos aspectos ambientais (MIERZWA, 2002; CUNHA, 2008).

A PNMA estabelecia como princípios norteadores das ações governamentais para o meio ambiente, “incentivos ao estudo e pesquisa de tecnologias orientadas para o uso nacional e a proteção dos recursos ambientais”, além da “racionalização do uso da água” (ANA, 2003).

Quanto ao reúso de águas, a prática já começava a crescer em diversos países, porém sem controle de qualidade quanto à produção de efluentes microbiologicamente seguros. Assim, em 1971, a OMS reconheceu definitivamente a importância dos riscos à saúde relacionados à reutilização de águas residuárias (PASCHOALATO et al., 2004).

No Brasil, conforme já apresentado não existem normas e padrões especiais para regulamentar e direcionar o reúso de águas residuárias e isto se deve à falta de tradição quanto à utilização desta prática. A legislação apenas estabelece valores teto de impureza para cada destino específico da água. Estes limites, chamados de padrões de qualidade, foram estabelecidos em 1986 pela Resolução nº 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

A Lei nº 9.433, conhecida como Lei das Águas, apresenta fundamentação legal para a racionalização do uso da água e fatores jurídicos para o reúso de água, como alternativa viável na preservação e conservação ambiental. A Lei tem como uma de suas finalidades a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

A resolução do CONAMA nº 54, de 28 de novembro de 2005 (BRASIL, 2005) trata explicitamente sobre o reúso de água no Brasil, ela estabelece critérios e diretrizes que regulamentam a prática de reúso de água.

Em 1997, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) lançou a Norma 13.969, que dispõe sobre providências e cuidados, bem como fornece parâmetros a respeito do esgoto de origem residencial. A Norma determina que esse tipo de esgoto deve ser reutilizado para atividades que não haja exigência de água potável, desde que seja sanitariamente segura.

Após vários anos, A associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em 2007 lançou a Norma 15527, que impõe parâmetros e cuidados para o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis.

3 METODOLOGIA

Para a realização do presente trabalho, serão utilizados dados referentes ao município de Machado-MG. Uma explicação dos procedimentos que serão necessários para a execução deste trabalho será descrita nos itens á seguir.

3.1 Objeto de estudo

A obra em estudo é um residencial situado na Rua Irmão Arnaldo Izidoro no bairro centro do município de Machado-MG. A obra será de nove pavimentos e está em construção. A figura 6 demonstra o residencial:

Figura 6: Residencial em construção



Fonte: (Autor, 2016)

O primeiro pavimento será uma garagem abaixo do nível da rua. O segundo pavimento fica situado no nível da rua e será composto por seis pontos comerciais. Os demais pavimentos serão pavimentos residenciais destinados a famílias de classe C. Cada pavimento residencial será constituído por quatro apartamentos iguais, sendo eles divididos em: sala de estar, copa, cozinha, quarto e banheiro.

3.1.1 Levantamento de dados

Para obter os dados referentes ao consumo de água cinza do residencial, houve a necessidade de levantar uma estimativa de consumo, pois a obra está em fase de construção. Foram utilizados como parâmetros os estudos de autores e programas como o PURA (1999) com o intuito de estimar um valor médio de atividades destinadas ao reuso de águas.

Para o sistema de aproveitamento de água pluvial (AAP) será necessário ter os dados pluviométricos do município de Machado-MG e para o auxílio deste foi utilizado séries históricas de chuvas retirados do site HIDROWEB (Sistema de informações hidrológicas).

3.2 Caracterização do sistema de reuso de água cinza

Como descrito por (JEFFERSON et al, 1999), o sistema de reuso de água cinza funciona através dos coletores, armazenamento e tratamento. Os coletores irão coletar separadamente os esgotos de águas cinzas claras provenientes dos usos de lavatórios, máquinas de lavar roupas e tanques (neste estudo não será utilizado águas cinzas escuras por conter grandes quantidades de gorduras) as águas provenientes do chuveiros também não serão reutilizados por conter coliformes e gorduras. A tubulação dos coletores será de coloração diferente para facilmente ser identificada.

Quanto a armazenagem de águas cinzas, serão de acordo com a demanda de águas relacionadas ao reuso, como será levantado no tópico de resultados e discussões.

O tratamento das águas cinzas será feito por filtros anaeróbios e uma estação compacta de tratamento. As águas coletadas serão levadas até os filtros, e precisarão atingir a qualidade imposta pela NBR 13969/1997 (Tanques Sépticos) da classe 3, que é destinada ao uso de descargas sanitárias. A Norma impõe parâmetros de qualidade da água como: Turbidez inferior a 10 NTU e coliforme fecal inferior a 500 NMO/100ml.

Para determinar o volume do filtro será utilizada a equação (1) da NBR 13969/1997 (Tanques Sépticos):

$$Vu = 1,6 \times N \times C \times T \quad (1)$$

Onde:

- N = número de contribuintes;
- C = contribuição de despejos, em litros x habitantes/ dia;
- T = tempo de detenção hidráulica, em dias.

NOTA - O volume útil mínimo do leito filtrante deve ser de 1000 litros.

Após o tratamento a água passará por um processo de desinfecção com pastilhas de hipoclorito de sódio. A Tabela 5 indica um consumo médio de cada atividade com uso de água, onde este será usado como base para a projeção dos sistemas.

3.3 Caracterização do sistema AAP (Aproveitamento de Água pluvial)

Para iniciar foi necessário obter a intensidade pluviométrica do município de Machado-MG com o auxílio da ferramenta HIDROWEB (Sistema de informações hidrológicas). Os dados pluviométricos que estão descritos na Tabela 9, foram retirados de uma série histórica de 30 anos.

Para a determinação da área de contribuição será necessário utilizar a equação (2) da NBR 10844:1989 que leva em conta as dimensões do telhado do objeto em estudo:

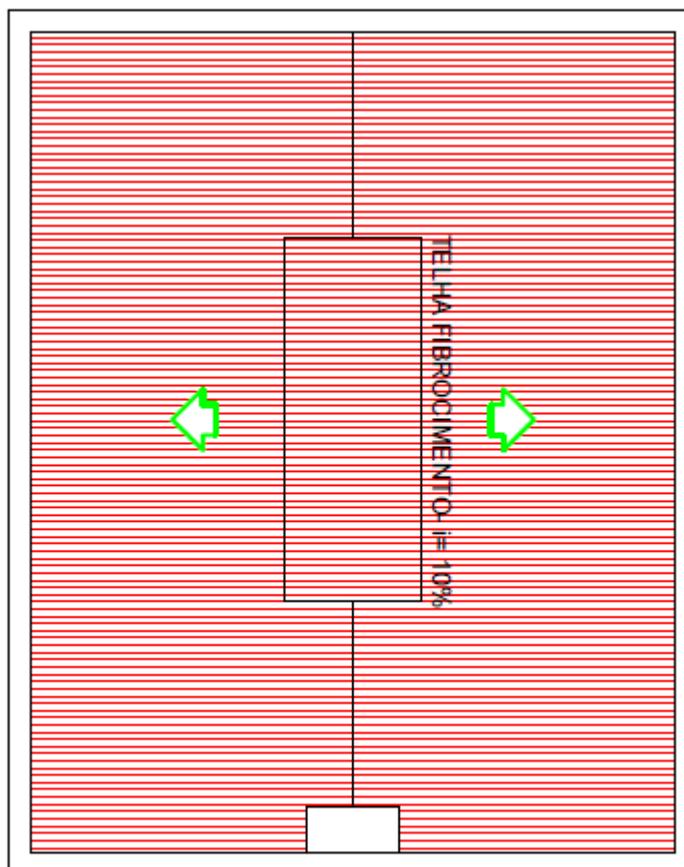
$$A_{telhado} = \left(a + \frac{h}{2} \right) \times b \quad (2)$$

Onde:

- $A_{telhado}$ = área de contribuição do telhado (m²)
- a = menor dimensão do telhado
- b = maior dimensão do telhado
- h = altura do telhado (m)

O projeto arquitetônico do telhado da obra está demonstrado na Figura 7, como pode ser observado é feito de fibrocimento e tem inclinação de 10% contendo duas caídas:

Figura 7: Telhado do residencial em estudo



COBERTURA

ESCALA 1:50

Fonte: (Autor, 2016)

Para a escolha das calhas e seus referentes diâmetros é necessário determinar a vazão com a equação (6) de Manning. O fator de rugosidade será retirado da Tabela 12 e os demais dados da equação (11) serão retirados das equações (12), (13) e (14) da NBR 10844/1989 (Instalações Prediais de Águas Pluviais).

$$Q_{calha} = K \times \frac{h}{2} \times R H^{2/3} \times i^{1/2} \quad (11)$$

Onde:

- Q = Vazão de projeto, em L/min
- S = área da seção molhada, em (m²)
- n = coeficiente de rugosidade (Ver Tabela 18)

- R = raio hidráulico, em (m)
- P = perímetro molhado, em (m)
- i = declividade da calha, em (m/m)
- $K = 60.000$

Para determinação dos condutores horizontais serão retirados os diâmetros de acordo com as chuvas críticas da Tabela 13.

Para o dimensionamento dos reservatórios serão utilizadas as equações da NBR 12567/2007, para escolha do reservatório que atende a demanda mensal.

3.3.1 Descrição do projeto AAP

O sistema de captação de água pluvial funcionará da seguinte maneira: Primeiramente a água será coletada pelo telhado. Após serem escoadas pelo telhado passarão por uma peneira que tem a função de separar os materiais mais grossos, como galhos e folhas, em seguida serão filtradas por um filtro de areia e então serão armazenadas nos reservatórios de acumulação. A figura 8 demonstra como será a peneira de separação:

Figura 8: Peneira utilizada para separar galhos e folhas



Fonte: (May, 2007)

O escoamento inicial de 2mm de chuva será descartado por possuir diversos resíduos, como folhas, grãos de areias e poeira. Será instalado um dispositivo automático para o descarte da água de escoamento inicial. Os reservatórios serão limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano e também serão separados dos reservatórios de água potável. Após o armazenamento serão distribuídas para o uso de descargas sanitárias.

Quanto a qualidade da água serão obedecidos os parâmetros da Tabela 8 retirada da NBR 15527/2007.

3.3.2 Análise dos custos e viabilidade dos sistemas

Será feito uma análise de custos de implantação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas individualmente. Após realizar a análise individual será feito outro estudo como sendo um sistema misto.

Os valores de todos os componentes dos sistemas serão retirados da SINAPI para se chegar a um custo final. Após a determinação do custo final do sistema será feito uma análise para calcular qual será o período de retorno dos investimentos. Ao final de todas estas etapas será feito um estudo para determinar quanto será a economia mensal com a implantação dos sistemas de reuso de águas no residencial.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Estimativa de População

Como já citado a obra está em construção, então houve a necessidade de estimar a população para o residencial. O projeto é constituído de 9 pavimentos. O primeiro pavimento será uma garagem abaixo do nível da rua. O segundo pavimento fica situado no nível da rua e será composto por seis pontos comerciais. Os outros 7 pavimentos serão pavimentos residenciais destinados a famílias de classe C.

Cada pavimento residencial será constituído por quatro apartamentos iguais, sendo eles divididos em: sala de estar, copa, cozinha, quarto e banheiro. Tomaz (1999) define que para cada dormitório em uma residência devem-se considerar duas pessoas residindo e nos pontos comerciais uma pessoa a cada 6,0m², a Tabela 12 demonstra estes dados:

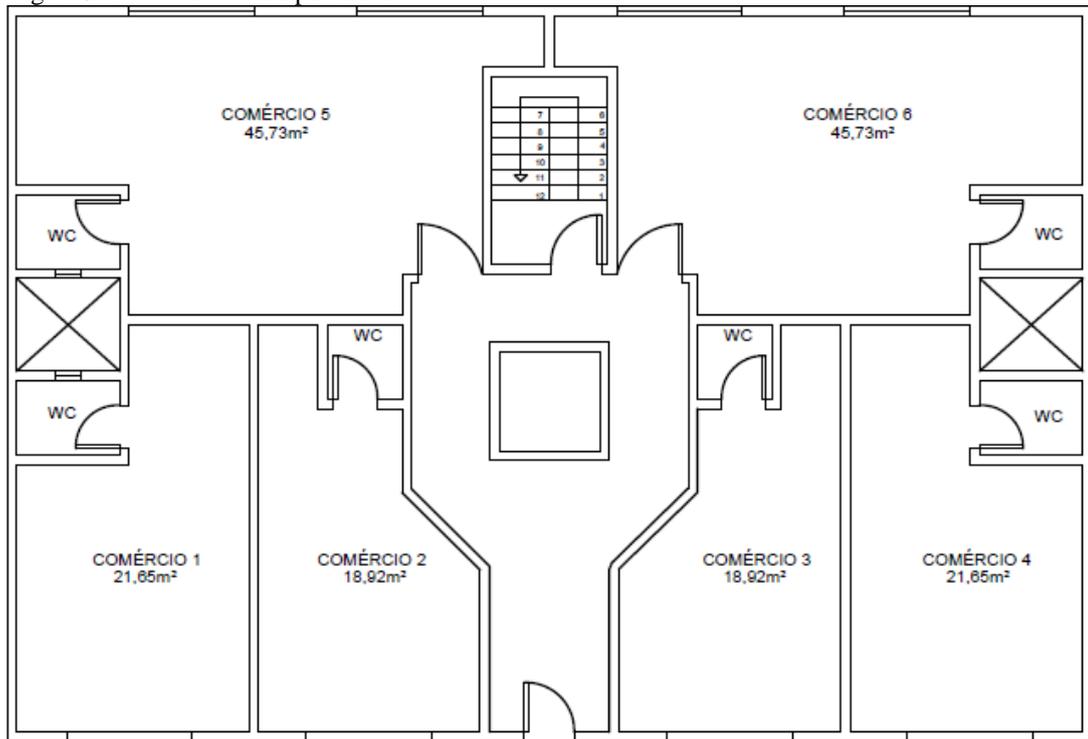
Tabela 12- Taxa de ocupação

Local	Taxa de ocupação
Bancos	Uma pessoa por 5,0m ² de área
Escritórios	Uma pessoa por 6,0m ² de área
Pavimentos Térreos	Uma pessoa por 2,50m ² de área
Lojas (Pavimentos Superiores)	Uma pessoa por 5,0m ² de área
Museus e bibliotecas	Uma pessoa por 5,50m ² de área
Salas de hotéis	Uma pessoa por 5,50m ² de área
Restaurantes	Uma pessoa por 1,40m ² de área
Salas de operação (hospital)	8 pessoas
Teatros, cinemas e auditórios	Uma cadeira para cada 0,70m ² de área

Fonte: (Creder, 1989)

Com os dados da Tabela 12 chega se a estimativa de uma pessoa a cada 6,00 m² para o pavimento térreo. Como a área dos pontos comerciais é de 172,6 m² o total de pessoas neste pavimento será de aproximadamente 29 pessoas. A Figura 9 demonstra a planta baixa dos pontos comerciais:

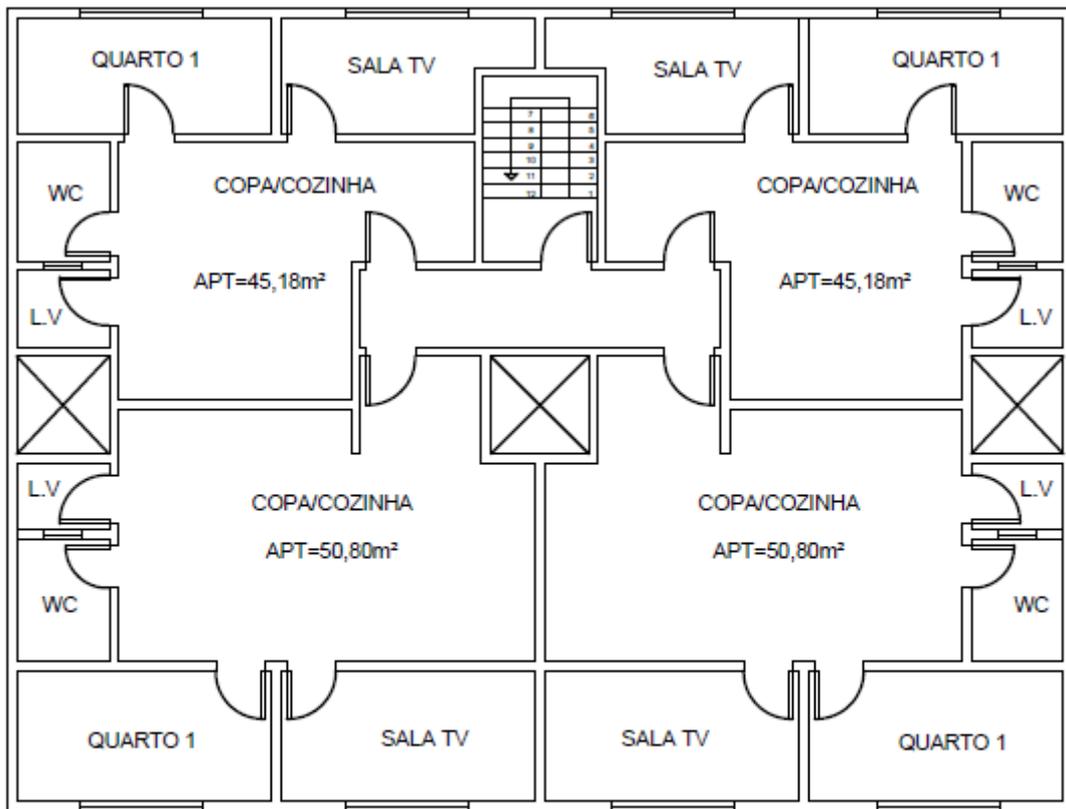
Figura 9: Planta baixa dos pontos comerciais



Fonte: (Autor, 2016)

Para os pavimentos residências serão considerado duas pessoas residindo por quarto, como cada apartamento possui um quarto a estimativa será de 56 moradores. Concluindo assim em uma expectativa de 85 pessoas no sistema residencial. A figura 10 demonstra a planta baixa dos pavimentos residenciais:

Figura 10: Planta baixa do pavimento residencial



PAVIMENTO RESIDENCIAL ESCALA 1:50

Fonte: (Autor, 2016)

4.2 Estimativa do consumo residencial

Como já dito anteriormente o residencial está em construção, então houve a necessidade de estimar a demanda de água por habitante. Para determinar o consumo de água diário, serão usados os parâmetros da SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2012) onde indica que para residenciais de famílias classe C o consumo médio diário é de 150 l/hab/dia. Tomaz (1999) define que para cada dormitório em uma residência devem-se considerar duas pessoas residindo e nos pontos comerciais 50 l/hab/dia, a Tabela 13 demonstra estes dados.

Tabela 13- Consumo médio por pessoa

EDIFÍCIO	CONSUMO (l/dia)
alojamento provisório	80 "per capita"
apartamento	200 "per capita"
asilo, orfanato	150 "per capita"
cinema e teatro	2 por lugar
edifício público, comercial ou com escritórios	50 "per capita"
escola - externato	50 "per capita"
escola - internato	150 "per capita"
escola - semi-internato	100 "per capita"
garagem	50 por automóvel
hospital	250 por leito
hotel (s/cozinha e s/lavand)	120 por hóspede
jardim	1,5 por m ² de área
lavanderia	30 por kg roupa seca
mercado	5 por m ² de área
quartel	150 "per capita"
residência popular ou rural	120 "per capita"
residência	150 "per capita"
restaurante e similares	25 por refeição

Fonte:(Tomaz, 1999)

O projeto residencial é constituído de sete pavimentos residenciais sendo cada um deles com quatro apartamentos, gerando assim uma expectativa de 56 moradores. Já o primeiro pavimento sendo este de pontos comerciais houve a necessidade de estimar o consumo através da taxa de ocupação que chegou a estimativa de 29 pessoas. A Tabela 14 resume estimativa de consumo total de litros diário em todo o residencial:

Tabela 14: Estimativa para o consumo diário do residencial

Consumo l/hab/dia	Nº de pessoas Pavimento residencial	Nº de pessoas Ponto comercial	Consumo total por dia (l)	Consumo total do residencial por dia (l)
150	56	0	8400	9850
50	0	29	1450	

Fonte: (Autor, 2016)

A Tabela 15 demonstra quantos litros estima-se para cada atividade em um ambiente residencial:

Tabela 15: Estimativa consumo em litros de água por atividade residencial

Atividade	Consumo de água potável nas atividades por habitante (l)	Consumo diário por Habitante (l)	Consumo total por habitante (l)
Bacia sanitária	23%	150	34,5
Chuveiro	32%	150	48
Lavatório	10%	150	15
Pia (cozinha)	21%	150	31,5
Tanque	7%	150	10,5
Máquina de lavar roupas	9%	150	13,5
Máquina de lavar louças	5%	150	7,5
Total	100%	150	150

Fonte: (Autor, 2016)

Como já levantado na Tabela 15 a estimativa do consumo diário no residencial é de 9850 litros, gerando assim em um mês uma demanda de 295.500 litros. A tabela 5 demonstra através de estudos que o consumo envolvendo atividades não potáveis em uma residência pode chegar a 40% do total.

A estimativa para demanda de águas para reuso será calculada de acordo com a atividade de descarga sanitária. Como 23% é o consumo de água destinada a esta atividade, a demanda de água esperada para projeto será de 67850 litros mensais e aproximadamente de 2261 litros por dia.

Para este estudo, o reuso de águas será apenas nas atividades que envolvem a descarga sanitária, pois de acordo com a NBR 13969/1997 (Tanques Sépticos) o reuso de água nesta atividade requer um menor aspecto qualitativo.

4.2.1 Estimativa de esgoto residencial

Para determinar qual será o dimensionamento e definir qual método será usado no sistema de reuso, deve ter conhecimento sobre a quantidade de esgoto coletada diariamente nos residenciais. A NBR 7229/1992 (Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos) define estas atividades na Tabela 16:

Tabela 16: Contribuição diária de esgoto e lodo por tipo de prédio e ocupante

Unid.: L

Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos (C) e lodo fresco (Lf)	
1. Ocupantes permanentes			
- residência			
padrão alto	pessoa	160	1
padrão médio	pessoa	130	1
padrão baixo	pessoa	100	1
- hotel (exceto lavanderia e cozinha)	pessoa	100	1
- alojamento provisório	pessoa	80	1
2. Ocupantes temporários			
- fábrica em geral	pessoa	70	0,30
- escritório	pessoa	50	0,20
- edifícios públicos ou comerciais	pessoa	50	0,20
- escolas (externatos) e locais de longa permanência	pessoa	50	0,20
- bares	pessoa	6	0,10
- restaurantes e similares	refeição	25	0,10
- cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	2	0,02
- sanitários públicos ^(A)	bacia sanitária	480	4,0

^(A) Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, lagoadoiro público, estádio esportivo, etc.).

Fonte: (NBR 7229/1992)

Como o residencial em estudo é destinado a famílias de classe C a contribuição diária de esgoto por morador será de 100 litros por dia. Para os pavimentos residenciais será feita uma estimativa de contribuição de esgoto descrita na Tabela 17:

Tabela 17: Estimativa da contribuição diária de esgoto do pavimento residencial

Atividade	Contribuição nas atividades (%)	Contribuição (l)	Habitantes	Contribuição diária (l)
Bacia sanitária	23%	100	56	1288
Chuveiro	32%	100	56	1792
Lavatório	10%	100	56	560
Pia (cozinha)	21%	100	56	1176
Tanque	7%	100	56	392
Máquina de lavar roupas	9%	100	56	504
Máquina de lavar louças	5%	100	56	280
Total	100%	100	56	5992

Fonte: (Autor, 2016)

Para a contribuição de esgoto por parte dos pontos comerciais foi feita uma estimativa descrita na Tabela 18, onde em planta terá apenas bacia sanitária, lavatório e chuveiro:

Tabela 18: Estimativa de contribuição diária de esgoto nos pontos comerciais

Atividade	Contribuição nas atividades (%)	Contribuição (l)	Habitantes	Contribuição diária (l)
Bacia sanitária	35%	50	29	507,5
Chuveiro	50%	50	29	725
Lavatório	15%	50	29	217,5
Total	100%	50	29	1450

Fonte : (Autor, 2016)

Como já descrito pela Tabela 17 e 18 o volume que poderá ser captado de esgoto do tipo água cinza clara os quais são provenientes de lavatórios, máquinas de lavar roupas e tanques serão de 1673 litros, mas como a demanda é maior pode haver uma conciliação para o funcionamento do sistema. Não serão coletados águas provenientes dos chuveiros, pois esta pode conter índices de coliformes e gorduras.

4.2.2 Séries históricas de precipitação

Para o sistema de aproveitamento de água pluvial (AAP) será necessário ter os dados pluviométricos do município de Machado-MG e para o auxílio deste foi utilizado séries históricas de chuvas retirados do site HIDROWEB (Sistema de informações hidrológicas). A seguir a Tabela 19 demonstra estes dados:

Tabela 19- Precipitação média anual município de Machado-MG

ANO	PRECIPITAÇÃO TOTAL ANUAL (mm)	PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (mm)
1941	1471,5	122,63
1942	1494	124,50
1943	1696,3	141,36
1944	912,3	76,03
1945	1912,5	159,38
1946	1469,7	122,48
1947	1949,8	162,48
1948	1255,7	104,64
1949	597,4	49,78
1950	1327,4	110,62
1951	755,6	62,97
1952	1017	84,75
1953	1215,7	101,31
1954	899,4	74,95
1955	1128,1	94,01
1956	1259,6	104,97
1957	1001,2	83,43
1958	1204,7	100,39
1959	1320	110,00
1960	1506,6	125,55
1961	1077,2	89,77
1962	2146	178,83
1963	752,9	62,74
1964	1828,8	152,40
1965	2065,1	172,09
1966	1995,7	166,31
1967	1370,2	114,18
1968	1257,4	104,78
1969	1172,8	97,73
1970	1684,4	140,37
1971	522,8	43,57

Fonte: (Autor, 2016)

Como já demonstrado pela tabela 19 a precipitação varia bastante em uma série histórica de 30 anos e a média total de todos os anos é de 110,93mm/h. A tabela 20 demonstra a precipitação média dos meses na série histórica de 30 anos:

Tabela 20: Precipitação média dos meses no município de Machado-MG

PRECIPITAÇÃO MÉDIA DOS MESES EM UMA SÉRIE HISTÓRICA DE 30 ANOS											
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
226,88	179,27	160,34	48,74	40,77	20,4	17,43	17,52	51,54	112,56	130,68	216,52

Fonte: (Autor, 2016)

4.3 Dimensionamento dos reservatórios

Para o referente trabalho será feito um estudo com base na NBR 15527/2007 para determinar a escolha do tipo de reservatório que será utilizado no residencial. A presente norma apresenta seis métodos de cálculos de dimensionamento, onde cada um deles apresenta uma capacidade final de armazenamento. Neste trabalho será excluído o método da Simulação por este necessitar de uma área para a construção de uma cisterna, pois o terreno não possui área para tal obra. Após realizar os cálculos da norma será feito uma análise para definir qual tipo de reservatório atende melhor a demanda do residencial.

4.3.1 Cálculo da área de contribuição

Para determinar a área de contribuição do residencial deve utilizar a equação 2 do item 2.5.1 do referente trabalho. A área de contribuição leva em conta as áreas do telhado que entram em contato com as chuvas onde deve-se considerar também a inclinação do telhado. Abaixo segue a equação (2):

$$A_{\text{telhado}} = \left(a + \frac{h}{2} \right) \times b \quad (2)$$

Onde:

- A_{telhado} = área de contribuição do telhado (m²)
- a= menor dimensão do telhado
- b= maior dimensão do telhado
- h= altura do telhado (m)

O residencial possui como “b”o comprimento de 14,19 m e a dimensão “a” com comprimento de 8,66 m e altura de 0,88m. Este cálculo é apenas para uma água para efeito das duas águas deve multiplicar o resultado por dois.

$$A_{\text{telhado}} = \left(8,66 + \frac{0,88}{2} \right) \times 14,19 \quad (2)$$

$$A_{\text{telhado}} = 129 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{telhado}} = 129 \times 2 = 258 \text{ m}^2$$

4.3.1.1 Método de Rippl

Este é o primeiro método da norma NBR 15227/2007 para dimensionamento de reservatórios, ele leva em conta séries históricas de precipitação podendo utilizar dados diários ou mensais. Os dados da equação (4) serão retirados do item 2.5.2:

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (4)$$

$$Q(t) = C \times i(t) \times A \quad (5)$$

Onde:

- $S(t)$ = é o volume de água no reservatório no tempo t ;
- $Q(t)$ = é o volume de chuva aproveitável no tempo t ;
- $D(t)$ = é a demanda ou consumo no tempo t ;
- C = coeficiente de escoamento superficial

Para este método será feito uma análise contendo as precipitações de todos os meses para melhores resultados, o valor do escoamento superficial será de 0,85 de acordo com a Tabela 11, a área de captação foi calculada no item 4.3.1 e a demanda será de 9850 litros diários conforme a Tabela 16. Os cálculos feitos serão apresentados pela tabela 21:

Tabela 21: Dimensionamento dos reservatórios pelo método de Rippl

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Diferença entre o volume da demanda e o volume de chuva	Diferença acumulada dos valores positivos
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
JAN	226,88	67,85	258	49,75	18,10	18,1
FEV	179,27	67,85	258	39,31	28,54	46,64
MAR	160,34	67,85	258	35,16	32,69	79,32
ABR	48,74	67,85	258	10,69	57,16	136,48
MAI	40,77	67,85	258	8,94	58,91	195,39
JUN	20,4	67,85	258	4,47	63,38	258,77
JUL	17,43	67,85	258	3,82	64,03	322,80
AGO	17,52	67,85	258	3,84	64,01	386,81
SET	51,54	67,85	258	11,30	56,55	443,35
OUT	112,56	67,85	258	24,68	43,17	486,52
NOV	130,68	67,85	258	28,66	39,19	525,71
DEZ	216,52	67,85	258	47,48	20,37	546,08

Fonte: (Autor, 2016)

Como pôde ser observado na tabela acima a demanda de água para atividade de descarga sanitária é alta e a água coletada pelas chuvas não é capaz de suprir a quantidade mensal.

4.3.1.2 Método Azevedo Neto

Este é o terceiro método da Norma, por ser um método simples sua utilização se vê com maior frequência. Na sua equação utiliza como parâmetro uma precipitação média anual diferente dos outros métodos onde se utiliza precipitações mensais da série histórica. Abaixo segue a equação (6):

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (6)$$

Onde:

- P = valor numérico de precipitação média anual expressa em milímetros (mm)
- T = número de meses com pouca chuva
- A = valor numérico da área de coleta em projeção (m²)
- V = volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em (l)

A precipitação média anual será retirada da tabela 9 com valor fixado em 110,93 mm, o período de pouca chuva se estende de abril a setembro e a área de contribuição será retirada do item 4.3.1.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

$$V = 0,042 \times 110,93 \times 258 \times 6$$

$$V = 7212,22 \text{ litros}$$

Como pode ser observado o volume de água que pode ser captado e reservado é baixo em relação à demanda mensal de água destinada a atividade de descarga sanitária.

4.3.1.3 Método Prático Alemão

Este é um método empírico que baseia suas equações nos valores anuais de precipitação e a demanda anual de água. A equação (7) demonstra este método:

V adotado = mínimo de (volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo) x 0,06 (6%) (7)

$$V_{adotado} = \text{mínimo entre } (V \text{ e } D) \times 0,06 \text{ (6\%)}$$

onde:

- V = volume anual de precipitação aproveitável (L);
- D = demanda anual de água não potável (L).

Como a demanda mensal de água não potável é de 67.850 litros a demanda anual será de 814.200 litros, já o volume de precipitação aproveitável é de 729.808 litros. A equação pede para multiplicar esses valores por 6% conforme a norma:

$$V_{\text{demanda}} = 814.200 \times 0,06 = 48.852 \text{ litros}$$

$$V_{\text{precipitação anual}} = 729.808 \times 0,06 = 43.788 \text{ litros}$$

Como pede para utilizar o menor dos valores o volume utilizado será de 43,78 m³.

4.3.1.4 Método Prático Inglês

Este método se assimila muito sua formula de cálculo com o método de Azevedo neto onde é considerado o valor da precipitação média anual e a área de captação. A equação (8) apresenta os dados necessários para o seu cálculo:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (8)$$

Onde:

- P = Precipitação média anual em (mm),
- A = Área de captação expressa em (m²)
- V= Volume aproveitável de água (l)

A precipitação média é de 110,93 mm anuais e a área de captação é de 258,0 m². O volume do reservatório será dado pela equação abaixo:

$$V = 0,05 \times 110,93 \times 258$$

$$V = 1430,99 \text{ litros}$$

4.3.1.5 Método Prático Australiano

Este é o último método apresentado pela norma que consiste em avaliar todos os meses e através de relações escolherem o reservatório que melhor atende anualmente. A equação (9) demonstra estes cálculos:

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (9)$$

Onde:

- C = escoamento superficial
- P = precipitação média mensal (mm)
- I = precipitação média de evaporação (mm)
- A = área de coleta (m²)
- Q = volume mensal produzido pela chuva (m³)

O volume do reservatório é dado pela equação a seguir:

$$V_t = V_{t-1} + QI - Dt \quad (10)$$

Onde:

- Q_t = Volume produzido de chuva no mês (t);
- V_t = volume de água que está no tanque no fim do mês;
- V_{t-1} = volume de água que está no tanque no início do mês;
- Dt = demanda mensal.

O dimensionamento dos reservatórios será apresentado na Tabela 22:

Tabela 22: Dimensionamento dos reservatórios pelo método prático Australiano

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Diferença entre o volume da demanda e o volume de chuva	Diferença acumulada dos valores positivos
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
JAN	226,88	67,85	258	49,32	18,53	18,1
FEV	179,27	67,85	258	38,88	28,97	47,07
MAR	160,34	67,85	258	34,72	33,13	80,20
ABR	48,74	67,85	258	10,25	57,60	137,80
MAI	40,77	67,85	258	8,50	59,35	197,15
JUN	20,4	67,85	258	4,04	63,81	260,96
JUL	17,43	67,85	258	3,38	64,47	325,43
AGO	17,52	67,85	258	3,40	64,45	389,88
SET	51,54	67,85	258	10,86	56,99	446,86
OUT	112,56	67,85	258	24,25	43,60	490,47
NOV	130,68	67,85	258	28,22	39,63	530,10
DEZ	216,52	67,85	258	47,04	20,81	550,90

Fonte: (Autor, 2016)

Foram observados que em todos os métodos apresentados a quantidade de água coletada através das chuvas não é capaz de suprir toda a demanda de água destinada a atividades de descarga sanitária. Para ser viável a utilização de sistemas de reuso de águas será necessário um sistema misto onde parte da água será coletada das chuvas e parte será tratada por filtros anaeróbios.

4.4 Dimensionamento do sistema de Reuso de Água Cinza

Como descrito na Tabela 19 e 20 serão coletadas águas provenientes dos lavatórios, máquinas de lavar roupas e tanques, as águas provenientes do chuveiro e pia de cozinha não serão utilizadas por conterem gorduras e coliformes respectivamente. O total que poderá ser coletado será de 1673 litros diários.

O sistema funcionará da seguinte forma: Primeiramente serão coletadas as águas cinzas por uma tubulação diferente, então serão conduzidas até o filtro anaeróbio para serem tratadas a posteriormente serem armazenadas em um reservatório superior, para finalmente serem distribuídas às bacias sanitárias. O filtro deverá ter capacidade de tratamento de 1700 litros diários, abaixo seguem os itens necessários para o funcionamento do sistema:

- Coletores (tubulação)
- Estação Compacta de Tratamento
- Bomba painel solar

- Reservatório

4.5 Conclusões sobre os sistemas

Como foi demonstrado nos itens acima nenhum dos dois sistemas consegue suprir e abastecer a demanda de reuso para o residencial individualmente, por este motivo será necessário implantar um sistema misto de reuso, pois a demanda diária é de 2260 litros. O sistema funcionará por coleta e reuso de água cinza e aproveitamento de água pluvial.

O sistema de aproveitamento de água pluvial será utilizado como complementação para o sistema de reuso de água cinza. Como citado o sistema de reuso de água cinza consegue coletar e tratar 1673 litros diários então os 588 litros restantes necessários para atender a demanda serão coletados das chuvas.

O método mais utilizado que é o de Rippl não poderá ser usado como base neste trabalho por resultar em valores muito elevados para atender a demanda alta de água no residencial. Com base nestas novas informações será necessário adotar o método de Azevedo Netto o qual resultou em um volume necessário de reservatório de 7212 litros, como não se encontra este volume de reservatório no mercado será necessário adotar um volume comercial de 10000 litros.

4.6 Custos de Implantação dos sistemas no residencial

Como descrito no Item 3.3.1 a água será coletada no telhado, então serão escoadas pelas calhas até o filtro para serem tratadas, após este processo serão reservadas e por fim serão distribuídas para as atividades de descarga sanitária. A Tabela 23 contém os custos de cada componente do sistema, os valores foram retirados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI):

Tabela 23: Custos dos componentes do sistema de aproveitamento de água pluvial

Item	UNID.	QUANT.	PREÇO UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
CALHA GALVANIZADA DE CHAPA DE AÇO	m	37	21,15	782,55
TUBO DE PVC DN 100mm	m	335	9,90	3316,50
CONJUNTO REATOR ANAERÓBIO + FILTRO	unid	1	2329,13	2329,13
RESERVATÓRIO 10000L	unid	1	3390,00	3390,00
				9818,18

Fonte: (Autor, 2016)

O sistema de reuso de água cinza irá primeiramente coletar as águas provenientes dos lavatórios, máquinas de lavar roupas e tanques para serem conduzidos até a estação compacta de tratamento para posteriormente serem bombeadas para o reservatório e finalmente serem distribuídas abaixo segue a Tabela 24 contendo o custo deste sistema todos os valores foram retirados da SINAPI exceto o preço da estação compacta de tratamento:

Tabela 24: Custos dos componentes do sistema de reuso de águas cinzas

Item	UNID.	QUANT.	PREÇO UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
TUBO DE PVC DN 100mm	m	820	9,90	8118,00
ESTAÇÃO COMPACTA DE TRATAMENTO	unid	1	8000,00	8000,00
RESERVATÓRIO 5000L	unid	1	1600,00	1600,00
BOMBA PAINEL SOLAR	unid	1	2860,00	2860,00
				20578,00

Fonte: (Autor, 2016)

Como foi demonstrado nas duas tabelas acima o custo final se fossem utilizar ambos os sistemas resultariam em R\$ 30396,18, mas como já foi citado no item 4.5 serão utilizados sistemas mistos para atender melhor a demanda do residencial.

4.6.1 Viabilidade dos Sistemas para o residencial

No município de Machado-MG a concessionária que fornece o serviço de fornecimento de água e esgoto é o SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) e com base em informações obtidas concluem que o consumo de água acima de 101 m³ custará aos moradores R\$ 4,48 o metro cúbico. A Tabela 25 demonstra estes valores:

Tabela 25: Custo do m³ de água obtido pelos dados do SAAE

Faixa de consumo	Valor por m ³ R\$	Consumo na faixa em m ³	Valor encontrado R\$ (Valor * consumo)
000 a 015	0,9745		
016 a 025	2,1283		
026 a 035	2,4334		
036 a 050	2,8374		
051 a 075	3,3753		
076 a 100	3,6740		
Acima de 101	4,4818		
TOTAL			

Fonte: (SAAE, 2016)

O consumo mensal de água no residencial foi estimado no item 4.2 resultando em 295.000 litros, de acordo com a tabela acima o custo mensal do fornecimento de água será de R\$ 1322,13.

O custo de implantação dos sistemas foi determinado no item 4.6 e agora na Tabela 26 será demonstrado de quanto será a economia mensal com o uso dos sistemas:

Tabela 26: Economia de água com a implantação dos sistemas de reuso de águas

SISTEMA	ECONOMIA MENSAL EM (m ³)	CUSTO DO m ³ DE ÁGUA (R\$)	ECONOMIA MENSAL EM (R\$)
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	7,2	4,48	32,26
REUSO DE ÁGUA CINZA	50,19	4,48	224,85

Fonte: (Autor, 2016)

Como pôde ser observado na tabela acima a implantação dos sistemas renderia uma boa economia aos moradores do residencial. Analisando particularmente os dois sistemas, o aproveitamento de água pluvial teria um maior tempo de retorno para ser viável já o reuso de água cinza seria menor o tempo para

recuperar os investimentos. A Tabela 27 demonstra qual será o tempo de retorno de ambos os sistemas:

Tabela 27: Tempo de retorno para recuperar os investimentos

SISTEMA	ECONOMIA MENSAL EM (R\$)	CUSTOS DOS SISTEMAS (R\$)	TEMPO DE RETORNO EM ANOS
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	32,26	9818,00	25
REUSO DE ÁGUA CINZA	224,85	20578,00	7,62

Fonte: (Autor, 2016)

Como foi demonstrado acima o período de retorno do sistema de aproveitamento de água pluvial é alto sendo inviável investir nele individualmente. Mas como a demanda de água para atender o residencial na atividade de descarga sanitária é alta será necessário utilizar ambos os sistemas, resultando assim em sistema misto. A Tabela abaixo determinará qual será o tempo de retorno dos investimentos utilizando o sistema misto:

Tabela 28: Tempo de retorno dos investimentos com o sistema misto

SISTEMA	ECONOMIA MENSAL EM (R\$)	CUSTOS DOS SISTEMAS (R\$)	TEMPO DE RETORNO EM ANOS
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	32,26	9818,00	25,36
REUSO DE ÁGUA CINZA	224,85	20578,00	7,62
SISTEMA MISTO	257,11	30396,00	9,85

Fonte: (Autor, 2016)

Como mostrado na tabela acima o tempo para recuperar os investimentos do sistema misto é de aproximadamente dez anos, sendo uma recuperação em médio prazo, mas após recuperar o investimento terá uma economia satisfatória como demonstrada na Tabela 29:

Tabela 29: Valor da economia mensal com o uso do sistema misto

SISTEMA	ECONOMIA MENSAL EM (m ³)	CUSTO DO m ³ DE ÁGUA (R\$)	ECONOMIA MENSAL EM (R\$)	CUSTO MENSAL DE ÁGUA NO RESIDENCIAL
COM O USO DO SISTEMA	57,39	4,48	257,10	1064,90
SEM O USO DO SISTEMA	0,00	4,48	0,00	1322,00

Fonte: (Autor, 2016)

Utilizando o sistema misto no residencial é possível conseguir uma redução de 20% na conta de água gerando uma economia mensal de R\$ 257,10. Como dito

anteriormente é um investimento em médio prazo, sendo viável sua implantação, pois além de gerar uma economia financeira ira poupar recursos hídricos e ser uma alternativa sustentável para suprir a demanda de água não potável em um residencial. Meses atrás todos nós sofremos com o racionamento de água, estes sistemas de reuso vêm para nos fornecer uma opção diferente para suprir demandas de água não potáveis.

5 CONCLUSÃO

Águas provenientes do reuso representam uma fonte hídrica alternativa para satisfazer parte da demanda crescente nos centros urbanos e para solucionar parte dos problemas de escassez. Os sistemas de aproveitamento de água de chuva e reuso de água cinza se mostraram bastante atraentes, quando se visa alcançar o desenvolvimento sustentável.

Este trabalho teve como principal objetivo caracterizar estes dois tipos de sistemas, indicando onde esta água já recuperada poderá ser reutilizada em uma residência para fins não potáveis, e realizar uma análise para determinar o tempo de retorno dos investimentos.

Por ser um residencial em construção, houve a necessidade de estimar a população, o consumo de água por morador, a contribuição de esgoto e determinar através da literatura quanto poderá ser a capacidade de coleta dos efluentes.

Houve a preocupação de definir os parâmetros que as águas devem apresentar quanto a sua qualidade e a manutenção dos sistemas, com o intuito de não ser prejudicial aos cidadãos que a utilizam.

Estes sistemas apresentam um bom potencial quanto à viabilidade econômica e preservação do meio ambiente, pôde ser concluído ao longo do trabalho como estes sistemas funcionam e como são simples suas instalações.

Foi feito um estudo para encontrarmos uma das partes mais importantes que é a recuperação dos investimentos, que a principio deve ser em um período de retorno de 10 anos e finalmente determinar a economia mensal de água utilizando os sistemas que deve chegar a 20% de redução.

Como já foram citados nos itens do referente trabalho, estes sistemas apresentam uma forma alternativa de suprir a demanda de água, sem diminuir o consumo desta. Através das análises foi concluído que os custos iniciais de implantação podem até serem altos, mas a economia em médio prazo é vantajosa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10844: **Instalações Prediais de Águas Pluvias**. Rio de Janeiro, 1989.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 13.969: Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Projeto, construção e operação*. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15527: Águas de chuva: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Projeto, construção e operação*. Rio de Janeiro, 1997.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos (SPR)**. Plano Nacional de Recursos Hídricos. 2003. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/pnrh/index.htm>> Acesso em: 16 abril, 2016.

BRAGA, C. F. C.; RIBEIRO, M. M. R. Experiências em **Gerenciamento da demanda urbana de água**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – ABES, n.21, 2001, João Pessoa – PB.

BRASIL. Lei no. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**. Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF, seção 1, p. 470, v. 135, n. 6, 09 de janeiro de 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Água; FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Conservação e reuso de águas em edificações**. São Paulo; Prol, 2005. Disponível em: <www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=1616>. Acesso em: 25 de abril de 2016.

CÓDIGO DE ÁGUAS. Decreto N.º 24.643, de 10 de julho de 1934. Diário Oficial da União. **Decreta o Código de Águas**.

CONAMA. Resolução N.º 20, de 18 de junho de 1986. Diário Oficial da União. **Estabelece normas e padrões para a qualidade das águas e lançamento nos corpos de água**.

CONAMA. Resolução N.º 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**.

CUNHA, N.; STUDART, T. **Gestão de água – princípios e práticas**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2008.

CUNHA, V. D. **Estudo para proposta de critérios de qualidade da água para reúso urbano**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Saneamento Ambiental, 2008.

FERREIRA, M. V. **Análise de Consumo de Água: Condomínio Residencial em Florianópolis**. Trabalho apresentado à disciplina de Uso Racional de Água do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de

Santa Catarina - UFSC. Florianópolis, 2005.

HESPANHOL, I. **Água e Saneamento Básico**. In :Rebouças A,C; Braga B; Tundisi J,G (ORG).. Águas doces no Brasil. São Paulo. Escrituras, 2006, v.3, p 269-363.

JEFFERSON, F. et al. *Tecnologies for domestic wastewater recycling. Urban Water*.1 ed, p 285-292, 1999.

LAVRADOR F, J. **Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil**. São Paulo, 1987, 198f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia Hidráulica, Escola Politécnica da USP.

LEAL, U. **Ciclo de água na edificação**. Techne, v9, n.48, 2000.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, F. S. **Reúso de Água**. Editora Manole, São Paulo, 2013.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, F. S. **A escassez e o reuso de água em âmbito mundial**. Editora Manole, São Paulo, 2003, p.13.

METCALF; EDDY. *Wastewater Engineering- Tratament and Reuse*. 4ed. New York: McGraw Hill, 2003.

MIERZWA, J. C. **O uso racional e o reuso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria**. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) - Universidade de São Paulo. Escola Politécnica, 2002.

NETTO, A. **Manual de Hidráulica**. São Paulo: Edgard, 1998 , p. 465.

OKTE. Engenharia e consultoria 2013. **Conceito e utilizações da osmose reversa**. Disponível em: <www.okte.sk/en> . Acesso em: 16 de abril de 2016.

PASCHOALATO, C. F. P. R.; MELLIS, G. V.; CIRINO, T. M. A. **O Enquadramento legal específico para o reúso de águas residuárias de ETE frente ao CONAMA 20**. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 29., 2004, Paraná.

SABESP .Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Regulamento das Instalações Prediais de Água e Esgoto, São Paulo: SABESP, 2012**.

SINDUSCON. **Conservação e reuso de águas em edificações**. São Paulo. Prol Editora Gráfica, 2005.

SILVA, M. C. C. da; MARTINS, J. R. S. **Reuso de Águas Servidas: Sistemas de Abastecimento de Água em Condomínios Residenciais Verticais e Horizontais**, 2000. Disponível em: <http://www.usp.br/cirra/arquivos/reuso_resumo.pdf> Acesso em : 19 de abril, 2016.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis**. 2. ed. São Paulo. Navegar 2005, p.180.

TOMAZ, P. **Água de Chuva para Áreas Urbanas e fins não Potáveis**, Navegar

Editora, São Paulo, 2003.

TOSETTO, M.S. Tratamento terciário de esgoto sanitário para fins de reúso urbano. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Campinas, Pós-Graduação em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, 2005.