



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA HIDRÁULICO PREDIAL PARA REÚSO DE
ÁGUAS CINZAS EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL

Patrick Gonçalves da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia Civil da Universidade
Federal de Uberlândia como requisito parcial
para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

UBERLÂNDIA
DEZEMBRO 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA HIDRÁULICO PREDIAL PARA REÚSO DE
ÁGUAS CINZAS EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL

Patrick Gonçalves da Silva

Prof Dr André Luiz de Oliveira.
Faculdade de Engenharia Civil

Coordenadora do Curso de Engenharia Civil
Vanessa Cristina de Castilho

Uberlândia - MG
Dezembro – 2017

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA HIDRÁULICO PREDIAL PARA REÚSO
DE ÁGUAS CINZAS EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia Civil da Universidade
Federal de Uberlândia como requisito parcial
para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

UBERLÂNDIA
DEZEMBRO 2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Tarcísio e Sileimar, por apoiarem meu sonho, e possibilitar que ele fosse facilitado de todas maneiras possíveis. Sou grato também à toda minha família que sempre conversou e apoiou, com conversas e experiências para que essa etapa fosse concluída de maneira mais fácil.

Gratifico à todos professores que tive em minha vida, em especial à Jane Pedrosa Franco que me inspirou a escolher o curso de engenharia civil, ao professor André Luiz de Oliveira, que me apresentou o tema e me ajudou com sua experiência profissional e com seu amor ao ensino, transmitindo assim conhecimentos sobre a Engenharia Civil, fazendo com que eu queira aprender mais e nunca deixe de estudar essa área.

Por fim, sou grato todos os meus amigos que me ajudaram durante o período de trabalho de conclusão na troca de informações, nas opiniões sobre o projeto que proporcionaram meu crescimento pessoal e profissional.

RESUMO

O aumento da demanda hídrica atribuída pelo crescimento populacional e pela poluição de mananciais em consequência do lançamento de águas residuárias vêm afetando os recursos hídricos em termos quantitativos e qualitativos. Os problemas acarretados pela falta de água potável variam em retardo no progresso, limitação de atividades econômicas e menor qualidade de vida. Uma alternativa para esses problemas hídricos é o reúso da água na edificação. A reutilização pode ser dada pelas águas cinzas que são águas servidas provenientes de pontos da edificação como: chuveiros, lavatórios de banheiros, máquinas de lavar roupa, excluindo águas provenientes de pias de cozinha e vasos sanitários em função da necessidade de um maior nível de tratamento. Com um tratamento correto, essas águas ao invés de serem despejadas no esgoto doméstico podem obter outras funções como uso em descargas de sanitários, lavagem de carro, rega de jardins, uso em mictórios e lavagem de calçadas reduzindo a água despejada nos mananciais. A proposta deste trabalho é, portanto, o estudo da concepção e dimensionamento de um sistema de armazenamento e distribuição de água de reúso de água servida para uma edificação situada na cidade de Uberlândia-MG. Com implantação do sistema de aproveitamento de água servida foi encontrada uma economia aproximada de 21% de água potável para a edificação estudada.

Palavras-chave: Potável, reúso, águas cinzas, chuveiros, lavatório, sanitários.

ABSTRACT

The increase in water demand attributed by population growth and pollution of water sources as consequence of the flush of wastewater has been affecting water resources in quantitative and qualitative terms. The problems caused by the lack of potable water became a delay in progress, limiting economic activities and lower quality of life. An alternative to these water problems is the reuse of water in the building. The reuse can be given by the gray waters that are served waters from points of the building such as: showers, lavatory of bathrooms, washing machines, excluding water from kitchen and toilets due to the need for a higher level of treatment. With a correct treatment these waters instead of being dumped in the domestic sewer can obtain other functions like use in discharges of toilets, car wash, watering of gardens, use in urinals and washing of sidewalks reducing the water flush in rivers. The purpose of this work is the study of the design and design of a water reuse water storage and distribution system for a building located in the city of Uberlândia-MG. With the implementation of the system of utilization of water served there is a possibility of an approximate saving of 21% of potable water.

Keywords: potable, reuse, gray, showers, lavatory, toilets.

Sumário

1 Introdução.....	10
2 Reúso da água.....	11
3 Classificação da água quanto à cor.....	12
4 Águas cinzas.....	12
4.1 Riscos na utilização de água cinza.....	13
4.2 Métodos de alerta para os usuários de água de reúso	14
5 Legislações sobre o uso de água cinzas.....	15
5.1 ABNT NBR 13.969:1997	15
5.1.1 Manutenção do sistema.....	16
5.2 Considerações técnicas	16
5.3 Requisições para o uso de água cinzas de acordo com a finalidade.....	18
6 Componentes de um sistema de água cinzas	19
7 Demanda de água cinza na edificação	20
8 Algumas características da água servida	21
8.1 Qualidade da água nos vasos sanitários.....	22
8.2 Qualidade das águas cinzas	22
8.2.1 Parâmetros físicos das águas cinzas.....	22
8.2.2 Parâmetros químicos.....	23
8.2.3 Parâmetros biológicos	26
9 Tratamento de águas cinzas.....	27
9.1 Técnicas de tratamento	29
9.2 Exemplos de sistemas de tratamento	33
9.2.1 Filtro de múltiplas camadas	34
9.2.2 Sistema “Zona de raízes”	36
9.2.3 Estações compactas.....	37
9.2.4 Septodifusor ou vales de infiltração.....	38

10 Considerações sobre as Instalações prediais de água fria com aproveitamento de água cinza	38
10.1 Consumo de água.....	40
10.2 Dimensionamento do sistema	40
10.2.1 Consumo de água potável	40
10.2.2 Estimativa da produção de água cinza	42
10.2.3 Dimensionamento das tubulações	44
10.2.4 Sistema de recalque.....	47
11 Dimensionamento das tubulações de coleta e afastamento de água servida	52
12 Escolha do sistema de tratamento de águas cinzas	54
13 Conclusão	55
14 Referências	57
Anexo A.....	57
Anexo B.....	61
Anexo C	62
Anexo D.....	64
Anexo E	65
Anexo F	66

Lista de figuras

Figura 01: Estimativa de conservação da água a partir de diferentes alternativas.	11
Figura 02: Riscos relativos associados à fonte de água cinza, aos métodos de irrigação, aos usos e ao acesso ao público.	14
Figura 03: Identificação da água de reúso (águas cinzas tratadas) utilizada nas descargas sanitários de um hotel em Macaé (RJ).	15
Figura 04: Opção de reúso de águas cinzas	27
Figura 05: Sistema de reúso direto para irrigação	28
Figura 06: Classificação dos poluentes presentes nas águas residuárias	29
Figura 07: Etapas de uma estação de tratamento de esgoto	30
Figura 08: Conversão biológica da matéria orgânica em um sistema aeróbio e anaeróbio para tratamento sanitário.	31
Figura 09: Processos de desinfecção em esgotos sanitários.....	33
Figura 10: Filtros de múltiplas camadas utilizados para o tratamento águas cinza destinadas ao reúso.	35
Figura 11: Clorador de água desenvolvido pela Embrapa.....	36
Figura 12: Demonstração do sistema de Zona de raízes.	37
Figura 13: Sistema Mizumo Family.	37
Figura 14: Tratamento com Septodifusor.....	38
Figura 15: Esquema ilustrativo de um sistema de reúso de água.	39
Figura 16: Reservatório inferior da edificação	43
Figura 17: Reservatório superior da edificação	43
Figura 18: Sistema de água fria de um dos banheiros	45
Figura 19: Curvas da bomba.....	51
Figura 20: Canalização de esgoto do banheiro tipo 1.....	54
Figura 21: Canalização de esgoto do banheiro tipo 2.....	54

Lista de tabelas

Tabela 01: Classificação dos parâmetros de qualidade da água segundo os reúso previstos.	17
Tabela 02: Consumo de água em cada aparelho doméstico.	21
Tabela 03: Parâmetros físicos das águas cinzas para o Brasil.	23
Tabela 04: Parâmetros de DBO e DQO.	24
Tabela 05: Parâmetro de compostos de nitrogênio.	25
Tabela 05: Parâmetros de fósforo total.	25
Tabela 07: Parâmetros químicos.	25
Tabela 08: Parâmetros patogênicos.	26
Tabela 09: possíveis conteúdos presentes nos aparelhos domésticos.	26
Tabela 10: exemplo de estações de tratamento de águas cinzas no Brasil.	33
Tabela 11: Tratamento para cada variação de poluentes.	34
Tabela 12: Dados da edificação.	41
Tabela 13: Demanda de água não potável na edificação	41
Tabela 14 – Consumo estimado de água servida por aparelho sanitário	42
Tabela 15: Vazão nos pontos de utilização dos aparelhos sanitários.	44
Tabela 16: Dimensionamento de água fria não potável para os apartamentos da cobertura, referente ao banheiro tipo 1.	46
Tabela 17 Perda de carga em conexões – comprimento equivalente para tubos rugosos (tubos de aço-carbono, galvanizado ou não)	48
Tabela 18 Perda de carga em conexões – comprimento equivalente para tubos lisos (tubos de plástico, cobre ou liga de cobre)	49
Tabela 19: Comprimento equivalente de sucção.	50
Tabela 20: Comprimento equivalente de sucção.	50
Tabela 21: Tabela de seleção.	51
Tabela 22: Unidades de Hunter de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga.	52

Tabela 23: Dimensionamento do tubo de queda.	53
Tabela 24: Unidades de Hunter de contribuição de cada tubo de queda da edificação.....	54

1 Introdução

O planeta terra é coberto por cerca de 70% de água, em contrapartida a água doce no mundo corresponde com cerca de 2,5% de toda água presente (lagos, rios, geleira e subsolo), surgindo também o problema que nem toda água é possível de ser consumida, pois, cerca de 70% da água doce está congelada em calotas polares. As fontes hídricas possíveis de utilização no planeta contam com um valor de 29%, sendo de águas subterrâneas que são as principais fontes de captação de recursos hídricos no mundo e 0,9% são os volumes presentes em rios e lagos. O Brasil conta com uma distribuição de água doce expressiva comparada com o valor mundial, aproximadamente 12,5% do total de água doce possível de ser consumida do mundo estão presentes nos reservatórios do país, mas sua maior distribuição hídrica está no Norte do país, em que se encontra 68,5% de toda água no território brasileiro, A região Norte tem densidade demográfica baixa comparada com as outras regiões e o maior consumo fica presente no Sudeste, com essa má distribuição hídrica presente no Brasil e crescimento populacional elevado e desordenado começaram a surgir problemas devido à falta de água (PENA, 2017).

Em 2014 o Brasil apresentou baixos níveis de água em seus reservatórios em épocas do ano em que estes costumavam estar cheios o que poderia ser resolvido com a água disponível na região Norte, entretanto, devido aos custos de transporte se torna inviável esta solução. As principais causas da escassez de água relacionadas por Silva (2004), são:

- Urbanização elevada e desordenada da infraestrutura urbana;
- Diversificação e intensificação das atividades, consequentemente, do uso da água;
- Impermeabilização e erosão do solo;
- Ocupação de área de mananciais, com consequente de poluição e assoreamento das margens;
- Conflitos gerados pelas concorrências entre os diversos aproveitamentos de água;
- Preponderância histórica dos interesses do setor hidroelétrico na política dos recursos hídricos;
- Deficiências do setor de saneamento e a relação entre água e saúde;
- Migrações populacionais motivadas pela escassez de água;
- Conflitos entre países gerados pela falta de água, muitos dos quais assumindo proporções de guerra.

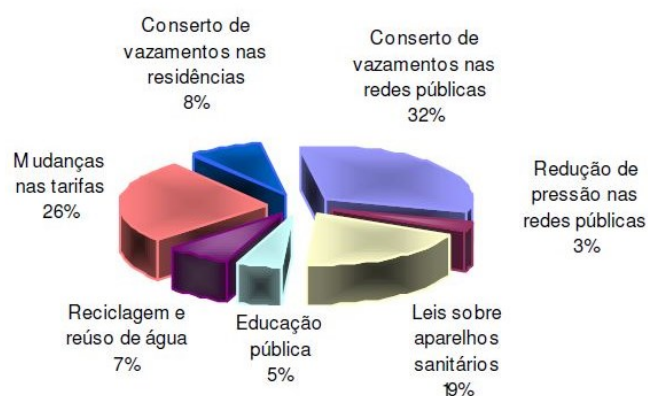
Para postergar ou evitar problemas futuros causados pela falta de água, algumas soluções podem ser adotadas como por exemplo a implantação de sistema de tratamento de água servida em edificações para substituição de parte da água potável, em locais onde pode ser utilizada água de qualidade inferior. Desta forma, conseqüentemente, é reduzida a demanda de água dos mananciais, bem como a quantidade de esgoto lançado nesses corpos de água. Essa água pode ter fins menos nobres, que não demandam água potável, como a lavagem de pisos, calçadas, carros, descargas em vasos sanitários, rega de jardins dentre outros, obedecendo padrões de qualidade para cada fim aferido para essa água de reúso.

O Objetivo desse trabalho é apresentar as características de um sistema com água de reúso. Posteriormente foi feito o dimensionamento de um sistema predial de água fria, sistema predial de esgoto, sistema predial de abastecimento por recalque e a apresentação de um sistema de tratamento.

2 Reúso da água

O reúso da água vem se tornando uma boa alternativa sustentável que após um tratamento adequado possibilita sua reutilização de diversas maneiras, cada um de acordo com a qualidade do tratamento. A reutilização de água pode resultar em economia de água potável, economia de energia elétrica e menor produção de esgoto sanitário, por fim, essa reciclagem da água resulta na preservação de água de mananciais, pois reduz a quantidade de água captada e a quantidade do lançamento de esgotos sanitários. Um estudo feito por Tomaz (2001), expresso na Figura 01, estima que a reciclagem e reúso da água pode conservar 7% da água de todo desperdício causado.

Figura 01: Estimativa de conservação da água a partir de diferentes alternativas.



Fonte: Tomaz (2001).

A utilização de uma fonte não potável para um fim pouco nobre se torna uma solução plausível, possibilitando que a população possa utilizar água de diferentes graus de qualidade, não desperdiçando águas nobres com ações que não demandam tal. Esta medida aumenta e reduz as vazões de águas residuárias. Há estudos que ditam que construções que utilizam fontes alternativas para o consumo de água alcançam uma economia de 15 a 30% de água potável (Gonçalves, 2006).

As características físicas, químicas e microbiológicas são os parâmetros fundamentais para controle da qualidade da água objetivando-se atender as funções desejadas.

3 Classificação da água quanto à cor

Conforme Gonçalves (2006) as águas não potáveis dentro de uma edificação podem ser classificadas como:

- **Águas azuis:** Efluentes provindos de águas de chuvas;
- **Águas cinzas:** Águas servidas provenientes de pias, chuveiros, etc. excluindo efluentes provindos de vaso sanitário e pia de cozinha;
- **Águas amarelas:** Efluente representado somente pela urina;
- **Águas marrons e negras:** Efluente constituído por águas fecais e pia de cozinha;

O tópico seguinte traz mais informações sobre a água cinza, objeto do presente estudo.

4 Águas cinzas

As águas cinzas de uma edificação são águas que utilizadas em diversos pontos de consumo como chuveiros, lavatórios de banheiro, máquina de lavar e tanque de roupas. Em função da presença de óleos e gorduras alguns autores não consideram água da cozinha como águas cinzas, mas como águas negras; no presente trabalho também será utilizada essa denominação. A água cinza contém componentes do uso de sabão ou de outros produtos para lavagem do corpo, de roupas ou de limpeza em geral. Suas propriedades variam de acordo com a qualidade da água potável de abastecimento, tipo da rede de distribuição (tanto da água potável quanto da água de reúso), localização, nível de ocupação da residência, faixa etária, estilo de vida, classe social, costume dos moradores e o tipo de aparelho que são fontes para obtenção da água cinza (Gonçalves, 2006).

O tratamento de águas cinzas para fins não potáveis é mais simples quando comparado com o sistema tratamento de águas negras, entretanto, caso haja a intenção de se utilizar essa

água como potável o tratamento deverá ser mais intenso, com isso não vale o custo do projeto baseado em seu benefício.

May (2009) considera que a utilização de águas cinzas deve ser prevista apenas para fins não potáveis devido a:

- Risco elevado para saúde dos usuários;
- Falta de normas técnicas adequadas para o reúso de águas cinzas;
- Falta de apoio e de fiscalização pelas instituições governamentais;
- Falta de preparo, de controle e de manutenção do processo de tratamento de água para fins potáveis, pelo usuário não especializado;
- Custo elevado do tratamento para fins potáveis, o que tornaria o sistema inviável;

4.1 Riscos na utilização de água cinza

O ponto primordial na utilização de águas reutilizadas é não proporcionar riscos com a saúde do usuário. Com alguns estudos foram obtidas propriedades das águas cinzas que mostram que ela contém elevados teores de matéria orgânica, de sulfatos, apresentam turbidez e contaminação fecal, bem como compostos orgânicos rapidamente biodegradáveis. Segundo Gonçalves, os maiores riscos no reúso da água são causados por microrganismos patogênicos, por estes motivos, o reúso direto não é recomendável, pois, além do aspecto de ser prejudicial à saúde, pode ser desagradável e ocasionar mau cheiro nos pontos de uso. Apesar dos benefícios causados pela utilização de águas cinzas como uma fonte não potável, segundo May existem vários riscos derivados da utilização inadequada desse tipo de sistema de reúso, como:

- Risco de disseminação de doenças devido à exposição de microrganismo na água causando danos à saúde pública;
- Risco de proliferação bacteriológica na água;
- Risco de proliferação de algas na água;
- Presença de odor produzido pela decomposição de matéria orgânica;
- Risco de entupimento das tubulações de alimentação e distribuição dessas águas;
- Risco de corrosão de peças e equipamentos no uso de águas ácidas;
- Risco de manchar louças e metais que estejam em contatos com essas águas.

Uma das finalidades para o uso de águas cinzas são as irrigações de árvores, gramados e arvoredos ornamentais, quando as plantas são mais tolerantes à salinidade não há problemas em utilizar essa água para irrigação. Nesses casos tem que analisar a granulometria do solo, caso estes forem argilosos, sua degradação será alta, o que não acontece nos solos arenosos que

apresentam uma boa drenagem. Compostos químicos utilizados em higiene pessoal e limpeza doméstica podem causar danos ao solo e plantas, como os surfactantes presentes em detergentes sintéticos, destacando-se, que as águas cinzas utilizadas para irrigação podem proporcionar efeitos negativos (Gonçalves 2006). Dentre os efeitos negativos Gonçalves destacou quatro principais.

- Alteração na parte estrutural do solo, possibilitando a diminuição de vazios e reduzindo a capacidade drenante;
- Alteração do pH original do solo, sendo agressiva para espécies sensíveis;
- Aumentar a probabilidade de poluição de corpos de água e subterrâneos;
- Salinização do solo com baixa drenagem.

Os riscos devido à um reúso direto está descrito na Figura 02, no qual mostra os riscos referentes às fontes de utilização, métodos de irrigação, aos tipos de uso e para casos que essa água tenha acesso ao público.

Figura 02: Riscos relativos associados à fonte de água cinza, aos métodos de irrigação, aos usos e ao acesso ao público.

Risco	Fonte	Risco	Usos
Baixo	Enxágua de roupas	Baixo	Jardim Ornamental
↓	Lavagem e enxague de roupas	↓	Gramado
	Lavagem de roupas e banho		
Alto	Água cinzas misturadas	Alto	Frutas e vegetais
Risco	Método de irrigação	Risco	Acesso ao público
Baixo	Sub-superficial	Baixo	Sem acesso
↓	Gotejamento	↓	Vedado a crianças pequenas
	Aspersão		
Alto	Rega com mangueira	Alto	Irrestrito

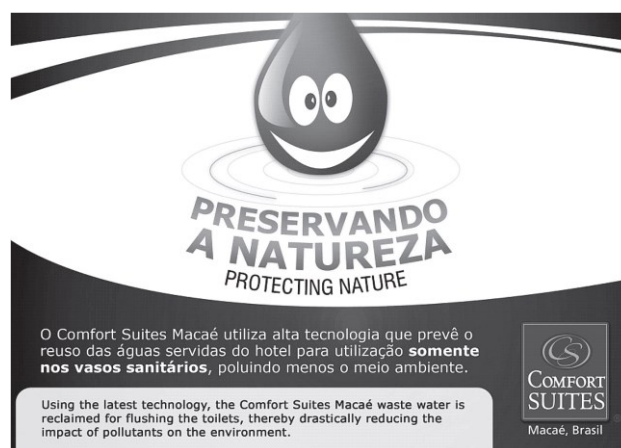
Fonte: Gonçalves (2006).

4.2 Métodos de alerta para os usuários de água de reúso

Como as águas cinzas após o tratamento são não potáveis é necessário que o usuário saiba desse fato e das propriedades da água, evitando assim problemas a partir do seu contato ou consumo, pois em projeto essa água é semelhante às águas potáveis visualmente falando, pois após o tratamento essa água apresentará baixa turbidez, cor imperceptível, ausência de odor ou qualquer composto com aspecto desagradável (Gonçalves, 2006). Com isso é necessária uma boa sinalização na edificação para alertar as pessoas que utilizarão a água para não haver o uso indevido. Um exemplo são cartazes que um hotel de Macaé colocou em suas

construções, alertando que as águas utilizadas nos vasos sanitários são provenientes de águas cinzas tratadas, a Figura 03 apresenta o cartaz que esse hotel utilizou.

Figura 03: Identificação da água de reúso (águas cinzas tratadas) utilizada nas descargas sanitários de um hotel em Macaé (RJ).



Fonte: Gonçalves (2006).

5 Legislações sobre o uso de água cinzas

Algumas legislações auxiliam o profissional e o usuário a executar um sistema mais correto de águas cinzas com normas ou outros meios de informação para evitar que o sistema venha a causar problemas para a sociedade. Alguns desses documentos são oficiais, outros não, cabendo ao usuário saber filtrar a fonte mais correta de explicações.

5.1 ABNT NBR 13.969:1997

A norma brasileira ABNT NBR 13.969:1997 contempla projeto, construção e operação de tanques sépticos. O item 5.6 da norma trata de água para reúso local, destacando que o este deve ser planejado para haver um uso seguro e racional, minimizando custos de implantação e operação.

Para o planejamento do sistema de tratamento e dimensionamento de esgoto devem ser previstos os usos do esgoto tratado, volume de esgoto a ser reutilizado, grau de tratamento necessário, sistema de reservação e distribuição e por fim, manual de operação e treinamento de responsáveis.

Todos pontos do sistema de reservação devem ser identificados de modo claro e inconfundível para não ocorrer uso errôneo ou mistura com água potável, observando alguns aspectos do sistema:

- a) Todo sistema de reservação dever ser dimensionando para atender no mínimo 2 h de uso no pico de demanda diária, exceto para uso na irrigação da área agrícola ou pastoril;
- b) Todo o sistema de reservação e de distribuição do esgoto a ser reutilizado deve ser claramente identificado, através de placas de advertência nos locais estratégicos e nas torneiras, além do emprego de cores nas tubulações e nos tanques de reservação distintas das de água potável;
- c) Quando houver usos múltiplos de reúso com qualidades distintas, deve-se optar pela reservação distinta das águas, com clara identificação das classes de qualidades nos reservatórios e nos sistemas de distribuição;
- d) No caso de reúso direto das águas da máquina de lavar para uso na descarga dos vasos sanitários, deve-se prever a reservação do volume total da água de enxágue;
- e) O sistema de reservação para aplicação nas culturas cujas demandas pela água não são constantes durante o seu ciclo deve prever uma preservação ou área alternada destinada ao uso da água sobressalente na fase de menor demanda.

5.1.1 Manutenção do sistema

Os responsáveis do sistema de reúso em condomínios residenciais ou comerciais com grande número de pessoas devem se responsabilizar pela indicação do responsável pela manutenção e operação do sistema de reúso de águas cinzas. Juntamente, o profissional responsável pelo planejamento e projeto deve fornecer manuais do sistema de reúso, contendo figuras e especificações técnicas quanto ao sistema de tratamento, reservação e distribuição, procedimento para operação correta, além de treinamento adequado aos responsáveis pela operação.

5.2 Considerações técnicas

Para um aumento na utilização de água não potável pela sociedade, tornando-se usual no Brasil são necessários alguns fatores: Regulamentação técnica adequada, reduzindo os riscos presentes para saúde humana e ao meio ambiente; Divulgação dos desenvolvimentos tecnológicos e de experiências na utilização da água; disponibilização de serviços e equipamentos no mercado brasileiro, (Gonçalves, 2006). A ABNT NBR 13.969:1997 classifica a água de reúso em classes, estabelecendo padrões de qualidades para cada destinação, estas classificações estão apresentadas na Tabela 01.

Tabela 01: Classificação dos parâmetros de qualidade da água segundo os reúsos previstos.

Classe	Uso Previsto	Parâmetros de qualidade da água de reúso	
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos que requerem contato direto do usuário com a água com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes **Nível de tratamento sugerido: tratamento aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e cloração.	Turbidez	< 5 NTU
		Coliformes fecais	< 200 NPM / 100 mL
		Sólidos dissolvidos totais	< 200 mg/L
		pH	6 a 8
		Cloro residual	0,5 a 1,5 mg/L
Classe 2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes. **Nível de tratamento sugerido: tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido por filtração de areia e desinfecção.	Turbidez	< 5 NTU
		Coliformes fecais	< 500 NPM / 100 mL
		Cloro residual	> 0,5 mg/L
Classe 3	Reúso em descargas de bacias sanitárias – normalmente efluentes de enxágue das máquinas de lavar roupas satisfazem aos padrões, sendo necessário apenas a cloração. **Nível de tratamento sugerido: tratamento aeróbio seguido por filtração e desinfecção.	Turbidez	< 10 NTU
		Coliformes fecais	< 500 NPM / 100 mL
Classe 4	Reúso nos pomares cereais, forragens, pastos para gado e outros cultivos através de escoamento superficial ou sistema de irrigação pontual. **As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.	Coliformes fecais	< 5000 NPM / 100 mL
		Oxigênio dissolvido	> 2,0 mg/L

Fonte: Oliveira et al (2007).

A revista Técnica, edição 133 de 2008, traz em seu conteúdo uma classe atribuída pelo SINDUSCON-SP não abordada na ABNT NBR 13.969, nesta, tem-se a utilização da água para resfriamento de aparelhos de ar condicionado, a água nesse caso deve atender as exigências mínimas de não apresentar mau cheiro, não ser abrasiva, não manchar superfícies, não deteriorar máquinas e não formar incrustações. Por fim duas Leis preveem o reúso de água em uso predial que são as leis: Lei Nº 10.785/2003 - Curitiba/PR e Lei Nº 6.345/2003 - Maringá/PR Segundo o NSW HEALTH apud GONÇALVES (2002, 2006), algumas considerações devem ser analisadas quando for utilizar águas de reúso:

- O contato direto, humano e animal, com a água cinza, deve ser evitado;
- Em caso de reúso da água cinza na descarga sanitária, um tratamento prévio incluindo uma etapa de desinfecção deve ser providenciado;
- Evitar a irrigação de culturas agrícolas cujo produto possa ser ingerido cru;
- Evitar a interconexão das redes de água potável e de água de reúso;
- Evitar a estocagem de água cinza bruta (sem tratamento prévio com desinfecção);

- Identificar criteriosamente as redes de água potável e de água de reúso.

Já segundo a Aliança para conservação de água do Estado do Arizona nos EUA apud GONÇALVES (1999, 2006) deve manter as seguintes diretrizes no sistema de águas cinzas:

- Caso não haja reúso, as águas cinzas devem ser dispostas subsuperficialmente no solo;
- O sistema de reúso deve ser concebido para que a operação ocorra sem o contato humano e animal com a água cinza, exceto em casos de manutenção;
- O sistema de reúso não pode permitir o ingresso de águas cinzas no sistema de drenagem pluvial;
- A reprodução de mosquitos deve ser evitada em todas as etapas componentes do sistema de reúso;
- Recomenda-se a irrigação de árvores frutíferas, cujo fruto não entre em contato com a água de reúso;
- Nas áreas onde ocorre irrigação superficial com água de reúso, recomenda-se uma criteriosa sinalização que evite o acesso de pessoas ao local.

Segundo Oliveira (2007) um requisito básico para dimensionamento do sistema são fácil operação, monitoramento e manutenção.

5.3 Requisições para o uso de água cinzas de acordo com a finalidade

O tratamento das águas cinzas é necessário por diversos fatores relacionados à exigência de qualidade mínima para água não potável. Segundo SINDUSCON (2005) alguns pontos devem ser atendidos após o tratamento da água, de acordo com suas finalidades (lavagem de pisos, rega de jardins, uso em descargas sanitárias, lavagem de veículos, lavagem de roupas, recreação ou uso ornamental), essas características são:

1. Uso de águas cinzas para rega de jardim e lavagem de pisos
 - Não deve apresentar odores desagradáveis;
 - Não deve conter componentes que agredam as plantas ou que estimule o crescimento de pragas;
 - Não deve ser abrasiva;
 - Não deve manchar superfícies;
 - Não deve apresentar risco de infecções ou contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
2. Uso de águas cinzas para descarga em vasos sanitários
 - Deverá contemplar restrições do item 1;

- Não deve deteriorar os metais sanitários e máquinas.
3. Uso de águas cinzas para lavagem de veículos
 - Deverá contemplar restrições do item 1;
 - Não deve conter sais ou substâncias remanescentes após secagem.
 4. Uso de águas cinzas para lavagem de roupas
 - Deverá contemplar restrições do item 1;
 - Deve ser incolor;
 - Não deve ser turva;
 - Deve ser livre de algas;
 - Deve ser livre de partículas sólidas;
 - Deve ser livre de metais;
 - Não deve deteriorar equipamentos;
 5. Uso de água cinza para recreação ou uso ornamental
 - Deverá contemplar restrições do item 4;
 - Não deve provocar irritações nos olhos, pele, boca e garganta dos usuários;

6 Componentes de um sistema de água cinzas

Para ter um sistema adequado para utilização e tratamento de água cinzas é necessário um conjunto de elementos, segundo Simone May esse sistema constitui em:

- **Coletores:** Conjunto constituído pela tubulação horizontal e vertical, com o objetivo de transportar os efluentes provenientes do chuveiro, do lavatório e máquina de lavar para o local a serem tratados;
- **Armazenamento:** O reservatório garante uma acumulação de água para que tenha um balanço entre demanda e volume gerado, para que em horários de pico de consumo de água cinza tenha água suficiente para atender a demanda. Um estudo feito por Jefferson apud Simone May (2009) mostra que o volume gerado de água cinza é próximo ao volume de consumo, mas a água cinza é produzida em um curto espaço de tempo enquanto as descargas em vaso sanitário ocorrem de maneira distribuída ao longo do dia;
- **Tratamento:** O sistema de tratamento é variado de acordo com o projeto devido a qualidade final da água que deseja para a edificação, um estudo adequado do sistema de água de reúso garante a eficácia do processo. Segundo May (2009) as características do efluente, juntamente com os padrões de qualidade desejada que definem o tipo de

tratamento. Devido às características físico-químicas e biológicas, o tratamento em águas cinzas pode ser executado de maneira semelhantes em sistemas de tratamento sanitário, variando em primário, secundário e terciário (Gonçalves, 2006). Os processos para a utilização posterior da água nesses sistemas podem variar em métodos simples ou tratamentos avançados para reúso em larga escala, Jefferson apud May;

- **Distribuidores:** Após tratamento e armazenamento da água cinza, tem-se a rede distribuidora de água, sendo constituída por tubulações horizontais e verticais que transportarão a água tratada do reservatório de armazenagem ao aparelho final de uso (vaso sanitário, torneira);
- **Sistema de sinalização e informação:** Necessário para que não haja utilização inadequada do sistema, nem contaminação do sistema público de distribuição de água. Composto por sinalizações e avisos de alerta em todas unidades do sistema (tubulações, reservatórios, unidades de tratamento, pontos de utilização etc.), (Oliveira 2007);
- **Controle de nível:** Controle de nível será automático para situações em que a demanda de água servida não for suficiente para edificação, requisitando automaticamente água do reservatório de água potável;
- **Tubo de ventilação:** Utilizado para eliminar gases provenientes do chuveiro e lavatório caso esses sejam liberados na edificação.

7 Demanda de água cinza na edificação

A produção de água cinza é proporcional ao uso na edificação nas instalações hidro-sanitárias, como a edificação estará em uso, sempre haverá produção de águas cinzas, tornando esse tipo de projeto viável, pois a sua oferta não depende de fatores climáticos como utilização de água de chuva por exemplo. Devido à constante produção de água servida na edificação geralmente, a edificação comporta a vazão necessária para consumo, havendo uma defasagem de acordo com o uso, mas com uma análise das vazões de demanda e oferta de água um reservatório de água de reúso consegue suprir a edificações, possibilitando a utilização de água potável para exceções que possam ocorrer.

Para que haja um sistema contínuo de água tratada é necessário analisar os aparelhos que abastecem o sistema de águas cinzas, segundo Gonçalves 2006 no Brasil a análise dessa oferta e demanda é fundamental, pois o chuveiro é a principal fonte de água cinza, com isso é necessário considerar que 80% da água cinza é produzida nos horários de pico 6:00 às 9:00 h, 11:00 às 14:00 e 17:00 às 21:00). A produção de água cinza ocorre em momentos diferentes, e

em curtos períodos de tempo gerando um déficit de água durante a tarde e madrugada, a utilização de reservatórios propiciam uma estocagem para corrigir esse déficit, mas acaba aumentando os elementos do sistema, (Gonçalves apud Jefferson 1999).

Segundo Gonçalves (2006), o quantitativo de produção da edificação varia de acordo com a região, o clima, renda familiar, número de habitantes na residência, costumes da população local, desperdício, valor da tarifa de água e estrutura do gerenciamento do sistema de abastecimento, podendo variar deste modo de local para local. Algumas estimativas são apresentadas na Tabela 02 baseado em dados publicados em diferentes fontes.

Tabela 02: Consumo de água em cada aparelho doméstico.

Aparelho Sanitário	DECA	USP	PNCDA	Gonçalves e Bazzarella	Valores médios
Vaso sanitário	14%	29%	5%	14%	16%
Chuveiro	46,7%	28%	54%	47%	42,9%
Lavatório	11,7%	6%	7%	12%	8,23%
Pia de cozinha	14,6%	17%	17%	14%	16,2%
Tanque	4,9	6%	10%	5%	6,97%
Máquina de lavar roupas	8,1%	5%	4%	8%	5,7%
Máquina de lavar louças	-	9%	3%	-	4%

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2006) e May (2009).

Colocando como finalidade a utilização das águas cinzas tratadas em vasos sanitários, na rega de jardins e na lavagem de carros e calçadas, é possível excluir a pia da cozinha nos cálculos fonte de produto pois como essa tem muitos agentes poluidores na água, como detergentes e óleos essa água prejudicaria a qualidade total necessitando de um tratamento de melhor qualidade, comparado à quando são retirados esses aparelhos da contribuição. No dimensionamento da demanda e oferta de água fria da edificação foram usados os valores médios das fontes utilizadas no trabalho.

8 Algumas características da água servida

Para a elaboração de um projeto de sistema de tratamento de um efluente de águas cinzas é necessário verificar sua qualidade baseado nos poluentes da água através de análises químicas, físicas e biológicas. Os parâmetros utilizados para classificar um esgoto domésticos são: sólidos suspensos, indicadores de matéria orgânica (DBO, DQO, entre outros), nitrogênio, fósforo e indicadores de contaminação fecal (coliformes termotolerantes, coliformes fecais, entre outros), ICLEI, 2010.

8.1 Qualidade da água nos vasos sanitários

O reúso de águas cinzas vem sendo utilizado há muitos anos no Brasil, não havendo uma legislação específica para esse tipo de sistema. Como não há uma legislação específica a tendência é nivelar por cima a qualidade da água, no caso de vasos sanitários se recomenda água potável ou quase potável. Um exemplo é na irrigação de agriculturas de alimentos a serem consumidos crus, o nível de qualidade no passado era alto. Ao longo do tempo, experimentos e aplicações provaram que padrões de águas próprias para banhos eram suficientes, diminuindo assim o grau de restrição para irrigação, usando uma água da qualidade necessária para aquele fim, Ornelas 2004.

Com isso Ornelas (2004) levanta uma questão: ‘É justificável a água utilizada no vaso sanitário ser potável de alto padrão?’. Nesse trabalho feito por Ornelas, foram feitos testes sobre a qualidade da água após ir para o vaso sanitário. Os resultados da pesquisa mostraram que nas primeiras horas havia baixo índice de contaminação no vaso sanitário, mas acentuada a partir de duas horas havendo amostras que atingiram $8,5E+07$ UFC/100 ml. Com isso não há motivos de água com melhor qualidade para acionamento do sistema de descarga de vasos sanitários.

8.2 Qualidade das águas cinzas

O sistema de tratamento neste trabalho tenta mostrar um projeto feito para a cidade de Uberlândia-MG, devido ao fato de não ter pesquisas específicas para a cidade, foram relatadas algumas pesquisas realizadas ao longo do território brasileiro por diversos autores. As pesquisas levaram em conta diversos aparelhos sanitários, local de coleta do efluente, bem como parâmetros físicos, parâmetros de compostos nitrogenados, parâmetros de compostos fosforados, parâmetros de compostos orgânicos e parâmetros de compostos diversos. Os parâmetros físicos e químicos da água devem ser conhecidos durante a execução do projeto como meio de executar o melhor tratamento para a água trazendo os padrões estipulados necessários, Rapoport (2004).

8.2.1 Parâmetros físicos das águas cinzas

Os compostos físicos das águas cinzas ditam os padrões de qualidades estabelecidos em projeto como a cor, turbidez, sólidos totais (ST) e sólidos suspensos totais (SST), os autores apresentados a seguir dispuseram dessas características para cada efluente presente na edificação e de acordo com a cidade de estudo. Partículas de terra, areia, cabelos e fibras de roupas são componentes dos materiais sólidos presentes nos efluentes dos aparelhos domésticos. As caracterizações dos parâmetros físicos ficam como:

- **Sólidos totais:** Matérias que permanecem como resíduo que permanece após evaporação da água;
- **Cor:** Parâmetros provocados por corantes orgânicos e inorgânicos que trazem aspecto desagradável para a água quando presente;
- **Odor:** Presente quando há decomposição de matéria orgânica e a presença de compostos de enxofre;
- **Turbidez:** São partículas em suspensão que interferem na passagem de luminosidade da água. Uma água com turbidez é desagradável e pode alterar a ação de agentes desinfetantes como o Ultravioleta (UV) e principalmente a reação com o cloro que é o desinfetante mais utilizado no Brasil.

A Tabela 03 apresentada, expressa os parâmetros físicos das águas cinzas obtidas de estudos realizados no Brasil.

Tabela 03: Parâmetros físicos das águas cinzas.

Fonte de água cinza	Cidade	Local de coleta	Parâmetros físicos				Referências		
			Cor (uC)	Turbidez (uT)	ST (mg/L)	SST (mg/L)			
Banheiro	Curitiba	Caixa sifonada	-	2,0-189	-	-	Borges (2003)		
Lavatório	Vitória	Estudo experimental Reservatório	-	158	500	146	Bazzarella(2005)		
Chuveiro			-	109	437	103			
Tanque			-	299	1862	221			
Máquina de lavar roupas			-	58	1004	53			
Pia da cozinha	Espírito Santo		-	250	2160	336			
Mistura			-	166	1536	134			
Mistura	Florianópolis		Estudo experimental Reservatório	379	-	-		323	Philippi(2005)
Apartamento com crianças	Passo Fundo		Caixa sifonada	-	340	-		-	Fiori; Fernandes e Pizzo (2004)
apartamento com animais		-		373	-	-			
apartamento sem crianças e sem animais		-		297	-	-			
Banheiro masculino	Passo Fundo	Caixa sifonada	Ausente	0,8	-	54	Fonini; Fernandes e Pizzo (2004)		
Banheiro Feminino	Porto Alegre			1,3	-	87			

Fontes: Adaptado de May (2009).

8.2.2 Parâmetros químicos

Os Parâmetros químicos podem ser divididos em: compostos orgânicos, compostos nitrogenados, compostos fosforados, pH, OD, condutividade, alcalinidade, dureza, cloreto e óleos e graxas.

- **$DBO_{5,20}$:** Demanda Bioquímica de Oxigênio que é o meio mais usual de medir a poluição orgânica pela quantidade aproximada de oxigênio que será necessária para oxidar biologicamente a matéria orgânica presente, sob condição aeróbia, no teste de incubação durante cinco dias, a 20°C. A presença deste pode gerar sabor e odor.

- **DQO:** Quantidade de oxigênio consumida para oxidação da matéria orgânica contida no esgoto, estimada através da reação química, utilizando o dicromato de potássio como reagente, sob condição ácida e quente.
- **pH:** Determina a condição de alcalinidade, neutralidade e acidez a interfere na coagulação química, no controle de corrosão e desinfecção. No processo de tratamento o pH interfere nas velocidades de tratamento e nas eficiências de consumo de substrato pelos microorganismos.
- **Metais pesados:** não tem função biológica conhecida e geralmente são tóxicos a diversos organismos, alguns exemplos são o cromo, chumbo, mercúrio e zinco.
- **OD:** Representa a quantidade de oxigênio dissolvido na água. Provém do contato da água com a atmosfera e da produção por organismos fotossintéticos. Caso o oxigênio seja todo consumido, começa-se as condições anaeróbias e odores desagradáveis. As bactérias usam oxigênio dissolvido para respiração causando sua redução no meio.
- **Nitrogênio:** Pode ser encontrado sobre várias formas na água. Podem alterar bastante a dinâmica do oxigênio na água, diminuindo sua quantidade.
- **Fósforos:** Altos teores de fósforo indica a presença de detergentes superfosfatados e material fecal.
- **Surfactantes:** Podem ocasionar formação de espumas e odor decorrente da decomposição do mesmo.
- **Nitrito:** substância tóxica ao ser humano, pode causar metahemoglobina infantil;

A Tabela 04 apresentada, expressa os parâmetros DBO e DQO de águas cinzas obtidos de pesquisas realizadas no Brasil

Tabela 04: Parâmetros de DBO e DQO.

Fonte de água cinza	Cidade	Local de coleta	Parâmetros (mg/L)		Referências
			DBO 5,20	DQO	
Banheiro	Curitiba	Caixa sifonada	17-287	-	Borges (2003)
Lavatório	Vitória Espírito Santo	Estudo experimental Reservatório(s)	265	653	Bazzarella(2005)
Chuveiro			165	582	
Tanque			570	1672	
Máquina de lavar			184	521	
Cozinha			633	1712	
Misturada			571	857	
Misturada	Florianópolis	Estudo experimental Reservatório(s)	387	451	Philippi (2005)
Apartamento com crianças	Passo Fundo Porto Alegre	Caixa sifonada	258	470	Fiori; Fernandes e Pizzo (2004)
Apartamento com animais			174	374	
Apartamento sem crianças e sem animais			384	723	
Banheiro masculino	Passo Fundo Porto Alegre	Caixa sifonada	20	44	Fonini; Fernandes e Pizzo (2004)
Banheiro Feminino			96	234	

Fontes: Adaptado de May (2009).

As Tabela 05, 06 e 07 abaixo, apresentam valores médios dos parâmetros fósforo, nitrogênio e outros parâmetros químicos de águas cinzas obtidos de trabalhos conduzidos no Brasil.

Tabela 05: Parâmetro de compostos de nitrogênio.

Fonte de água cinza	Cidade	Local de coleta	Parâmetros (mg/L)				Referências
			NTK	NH ₃ N	NO ₃ N	NO ₂ N	
Lavatório	Vitória Espírito Santo	Estudo experimental Reservatório(s)	5,6	0,5	0,57		Bazzarella(2005)
Chuveiro			3,4	0,8	0,46		
Tanque			10,3	3,8	0,71		
Máquina de lavar			3,6	1,5	0,46		
Cozinha			13,7	2,5	0,65		
Misturada			6,6	1,9	0,46		
Apartamento com crianças	Passo Fundo Porto Alegre	Caixa sifonada	-	-	27,5	<0,003	Fiori; Fernandes e Pizzo (2004)
Apartamento com animais			-	-	1,52	0,027	
Apartamento sem crianças e sem animais			-	-	4,09	0,0489	

Fontes: Adaptado de May (2009).

Tabela 06: Parâmetros de fósforo total.

Fonte de água cinza	Cidade	Local de coleta	Parâmetros (mg/L)	Referências
			Fósforo total	
Banheiro	Curitiba	Caixa sifonada	0,51-38,4	Borges(2003)
Lavatório	Vitória Espírito Santo	Estudo experimental Reservatório(s)	0,6	Bazzarella(2005)
Chuveiro			0,2	
Tanque			17,7	
Máquina de lavar			14,4	
Cozinha			9,1	
Misturada			9	
Apartamento com crianças	Passo Fundo Porto Alegre	Caixa sifonada	0,43	Fiori; Fernandes e Pizzo (2004)
Apartamento com animais			0,31	
Apartamento sem crianças e sem animais			1,79	

Fontes: adaptado de May (2009).

Tabela 07: Parâmetros químicos.

Fonte de água cinza	Cidade	Local de coleta	Parâmetros químicos							Referências
			pH	OD	Condutividade (µS/cm)	Alcalinidade (mg/L)	Dureza (mg/L)	O & G (mg/L)	Cloreto (mg/L)	
Banheiro	Curitiba	Caixa sifonada	6,7-8,5	2,6-5,9	-	-	-	-	-	Borges (2003)
Lavatório	Vitória Espírito Santo	Estudo experimental Reservatório	8,03	6,9	116	88	44,2	82	10,1	Bazzarella(2005)
Chuveiro			7,34	6,6	124	38,3	30,1	95,2	20	
Tanque			8,85	7,1	938	206,9	38,5	140,6	76,3	
Máquina de lavar roupas			9,06	7,1	52	74,2	38,7	24,2	23,6	
Pia da cozinha			5,14	4,2	528	1,9	12,1	176,4	130	
Misturada			7,05	6,5	430	114,7	21,2	101,3	64	
Mistura	Florianópolis	Estudo experimental Reservatório(s)	7,1	-	-	-	-	-	-	Philippi(2005)
Apartamento com crianças	Passo Fundo Porto Alegre	Caixa sifonada	7,1	-	126	67	5,7	18,2	26,9	Fioni;
apartamento com animais			6,9	-	106	5	13,6	14,8	14,7	Fernandes
apartamento sem animais e sem crianças			7,1	-	222	8,2	10,7	26,7	29,4	e Pizzo (2004)
Banheiro masculino	Passo Fundo Porto Alegre	Caixa sifonada	8,4	-	-	-	122	-	-	Fonini; Fernandes
Banheiro Feminino			8,2	-	-	-	130	-	-	e Pizzo (2004)

Fontes: Adaptado de May (2009).

8.2.3 Parâmetros biológicos

Os parâmetros biológicos da água são os vírus, bactérias, protozoários, coliformes, helmintos dentre outros que podem causar doenças para os usuários quando em contato com estes. Na Tabela 08 estão apresentados parâmetros de patogênicos presentes na água cinza.

Tabela 08: Parâmetros patogênicos.

Fonte de água cinza	Cidade	Parâmetros (NMP/100mL)			Referências
		Coliforme total	Coliforme termotolerante	E. coli	
Banheiro	Cuitiba	$5,1 - 1,6 \times 10^8$	$2,0 - 1,6 \times 10^7$	-	Borges (2003)
Misturada	Santa Catarina	$2,4 \times 10^3 - 2,42 \times 10^5$	-	$0 - 2,42 \times 10^5$	Pesquisa UFSC (2006)
Lavatório	Espírito Santo	$1,4 \times 10^2$	-	$1,0 - 9,0 \times 10^1$	Pesquisa UFES (2005)
Chuveiro		$4,0 - 7,3 \times 10^4$	-	$2,4 \times 10^3 - 2,0 \times 10^5$	
Tanque		$1,0 - 5,8 \times 10^3$	-	$1,0 - 2,1 \times 10^3$	
Máquina de lavar roupa		$1,0 - 1,6 \times 10^2$	-	$1,0 - 2,6 \times 10^4$	
Pia cozinha		$1,0 - 1,1 \times 10^6$	-	$2,0 - 1,6 \times 10^7$	
Misturada		$2,9 \times 10^4 - 1,0 \times 10^5$	-	$1,0 \times 10^4 - 1,3 \times 10^5$	

Fontes: Adaptado de May (2009).

Como visto, os valores numéricos dos parâmetros físicos, químicos e biológicos variam bastante de acordo com cada pesquisa realizada. Para resumir o que cada aparelho doméstico representa para água cinza a ser tratada tem-se a Tabela 09, que mostra os agentes mais comuns presentes para cada aparelho doméstico.

Tabela 09: Possíveis conteúdos presentes nos aparelhos domésticos

Fonte das águas cinzas	Possíveis conteúdos
Máquinas de lavar roupa	Sólidos Suspensos (sujeira e fibras de algodão), matéria orgânica, óleos e graxas, sódio, nitratos e fosfatos (detergentes), sais dissolvidos e pH alterado, alvejantes;
Máquinas de lavar louça	Matéria orgânica e sólidos suspensos (partículas de comida), bactérias, sais dissolvidos e pH alterado, óleos e graxas, detergentes, água quente;
Lavatórios e chuveiros	Bactérias, cabelos, matéria orgânica e sólidos suspensos (pele, células), óleos e graxas, resíduos de sabão e detergente, água quente;
Pias, inclusive de cozinhas	Bactérias, matéria orgânica e sólidos suspensos (partículas de comida), óleos e graxas, resíduos de sabão e detergente.

Fonte: Rampelotto et al (2014).

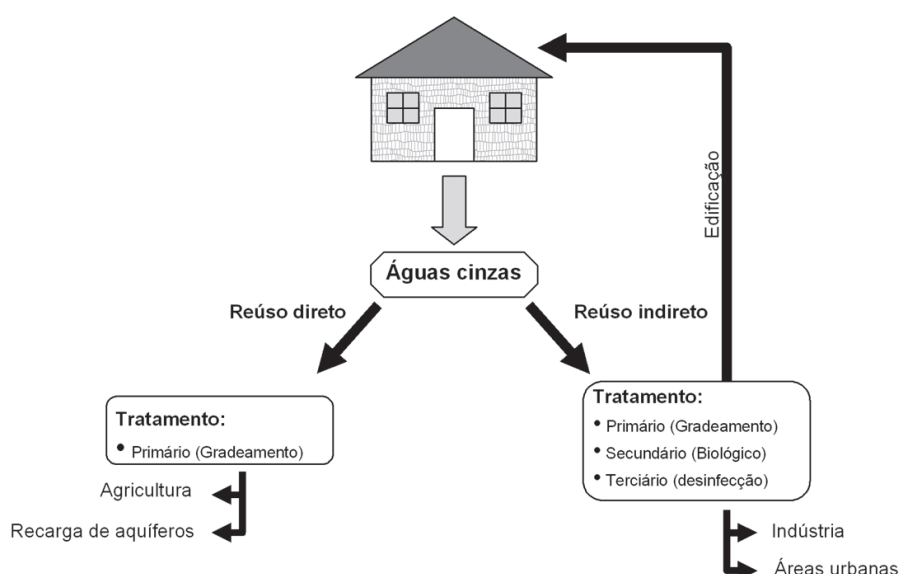
9 Tratamento de águas cinzas

Há inúmeras técnicas de sistemas de tratamento para esgotos domésticos disponíveis, tornando a instalação mais fácil e as opções variadas. Um estudo sobre a maneira de utilização da água é o caminho para a perfeita utilização do sistema de tratamento de águas cinzas.

Os agentes, organismos e materiais presentes nos efluentes determinam o tipo de tratamento e os requisitos mínimos de qualidade para serem utilizados de forma segura. Não é recomendado o uso de água sem o tratamento, pois esta pode conter organismos que causam doenças ou que estraguem os aparelhos domésticos. Quando a água é utilizada em vaso sanitário sem o tratamento, podem deixar manchas. Já na irrigação pode ocorrer o acúmulo de sais, surfactantes, alcalinidade, óleos e graxas afetando a qualidade do solo e das águas subterrâneas, (Rampelotto et al, 2014).

A edificação com fontes alternativas de água, como a de águas cinzas, demandam um investimento significativo para a instalação completa dos componentes de um sistema de água de reúso. O sistema deve apresentar uma rede de abastecimento de água não potável, dois reservatórios de água não potável (inferior e superior) e um sistema de tratamento para águas cinzas. Para obter um sistema de qualidade de água de reúso com baixa turbidez, inodora e isenta de organismos patogênicos é necessário um tratamento de nível secundário seguido de desinfecção (Gonçalves, 2006). A Figura 04 apresenta os tratamentos necessários para o a utilização de águas cinzas, seja no reúso direto ou indireto.

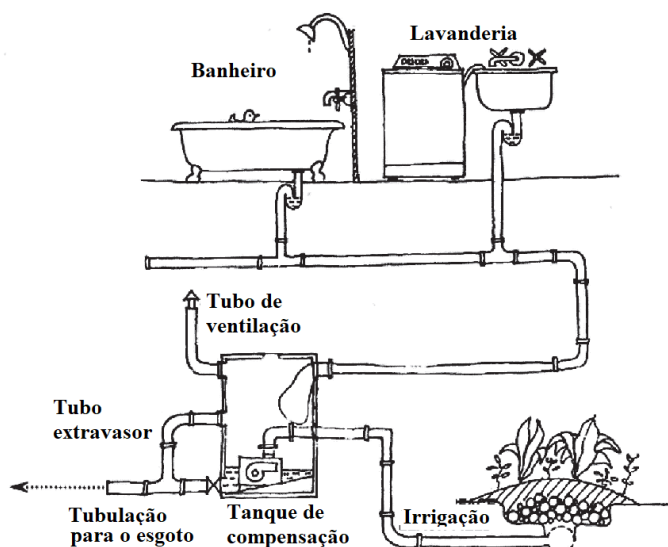
Figura 04: Opção de reúso de águas cinzas.



Fonte: Gonçalves (2006).

A Figura 05 apresenta o sistema de irrigação utilizando águas cinzas, sendo o reservatório abastecido por uma pia, uma banheira e uma máquina de lavar. Esse sistema é um resumo de um sistema de águas cinzas tratadas.

Figura 05: Sistema de reúso direto para irrigação



Fonte: Gonçalves (2006).

Com a Figura 05 adaptada para o português, o sistema expresso consiste em um sistema de reúso direto no qual reservatório recebe a água usada na edificação, esse reservatório tem um tubo de ventilação para expelir os gases proporcionados pela decomposição de matéria orgânica da água. O tubo extravasor possibilita drenagem da água excedente para casos em que o usuário não use toda água cinza produzida, possibilitando a mesma ser drenada para a rede de esgoto não prejudicando o sistema, o tanque de compensação possibilita o armazenamento da água no reservatório, fazendo com que essa possa ser bombeada para o ponto de irrigação com a pressão necessária.

Alguns sistemas de tratamento foram testados em alguns países, fazendo o monitoramento e uma descrição do que ocorreu com o mesmo. Segundo Hill apud Simone May, na Inglaterra foi feito um sistema que constava um aparelho de filtração e desinfecção, sendo utilizado para tratar a água de cinco residências, no processo de desinfecção utilizou-se o bromo. O monitoramento detectou a $DBO_{5,20}$ remanescente com valores elevados, entre 22 e 87 mg/L, além disso esse sistema constou com problemas de entupimento na tubulação de entrada do filtro, falha de bombas de recalque e insuficiência na desinfecção. Já em um apartamento, na Ilha Mallorca, na Espanha o sistema foi diferente, contando com processos de

desinfecção com hipoclorito de sódio. Nesse sistema a água obteve padrões de qualidade para água não potável, o sistema obedecia às seguintes operações no sistema:

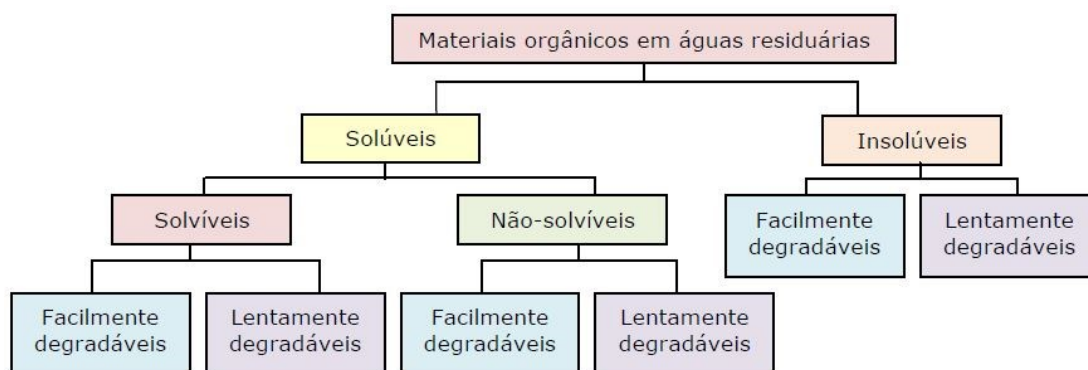
- Manutenção da estabilidade das condições operacionais;
- Período de estocagem da água tratada inferior a 48 horas;
- Concentração de cloro residual $\geq 1\text{mg/L}$ nas descargas dos vasos sanitários.

Nesse sistema relatado a turbidez presente foi de 16,5 UNT e sólidos totais iguais a 18,6 mg/L.

9.1 Técnicas de tratamento

O sistema tratamento de águas cinzas é similar ao feito em ETE, mas em uma escala reduzida, Rampelotto, 2014. Os fins desejados para as águas residuárias variam, sendo o sistema de tratamento adaptado com a qualidade de água desejada. Mendonça apresenta uma tabela a fim de auxiliar a escolha dos sistemas separando os efluentes de acordo com o conteúdo orgânico encontrado, o tratamento nesse caso visa a viabilidade da remoção/degradação pela ação de microrganismos. A Figura 06 mostra uma classificação dos poluentes que são presentes água cinzas, como um método de auxílio para qual o melhor tipo de tratamento destinar aquele efluente.

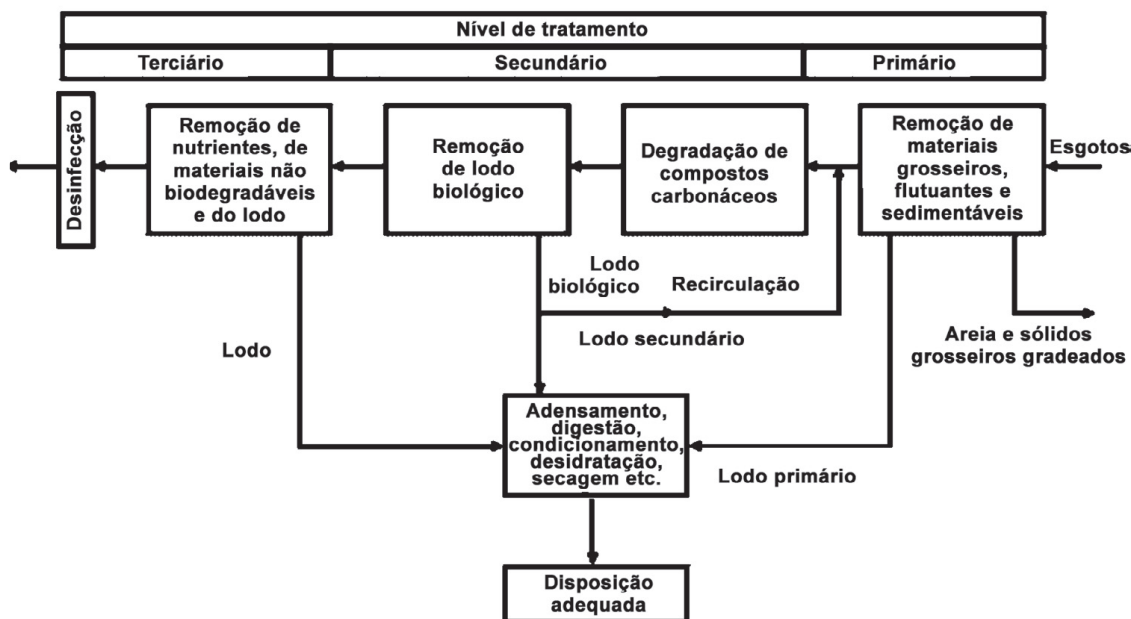
Figura 06: Classificação dos poluentes presentes nas águas residuárias



Fonte: Mendonça apud monteggia (2004).

O sistema de tratamento pode abranger diferentes tipologias variando entre o tratamento primário, secundário e terciário, o fluxograma completo com um sistema capaz de tratar o esgoto a nível terciário é apresentado na Figura 07. Segundo Gonçalves 2006 para uma água de reúso ser inodora e com baixa turbidez, o sistema de tratamento deve ser no mínimo de níveis primário e secundário, utilizando o tratamento terciário para assegurar baixas densidades de coliformes termotolerantes.

Figura 07: Etapas de uma estação de tratamento de esgoto.



Fonte: Gonçalves et al (1999).

Tratamento primário: consiste em uma etapa de remoção dos sólidos grosseiros e areia (sedimentáveis e flutuantes), apesar das quantidades reduzidas devido a presença de ralos e grelhas nas instalações hidro-sanitárias. Os materiais a serem retidos nesse tipo de sistema de tratamento apresentam em maiores quantidades areia, cabelos, felpas de tecidos e restos de alimentos. Os sólidos mais grosseiros podem ser retidos por grades finas ou peneiras, em casos incomuns são utilizados caixa retentora de areia para sedimentação, (Gonçalves, 2006).

As etapas no tratamento primário são:

- **Estágio 1:** Pré-filtro colocado na saída dos aparelhos sanitários (chuveiro, máquina de lavar e lavatórios) para remoção dos sólidos grosseiros;
- **Estágio 2:** Uma peneira para remoção de cabelo e partículas de sabão, felpas de tecidos e gordura corporal;
- **Estágio 3:** Filtro fino na linha de suprimento de água para irrigação ou para os vasos sanitários, para reter precipitados ou material sedimentável.

Como o projeto não teve água de cozinhas como contribuição devido a presença de gorduras, dificultando o tratamento e reduzindo a qualidade da água, não foi necessário a inclusão de caixas de gordura na estação de tratamento de água cinza.

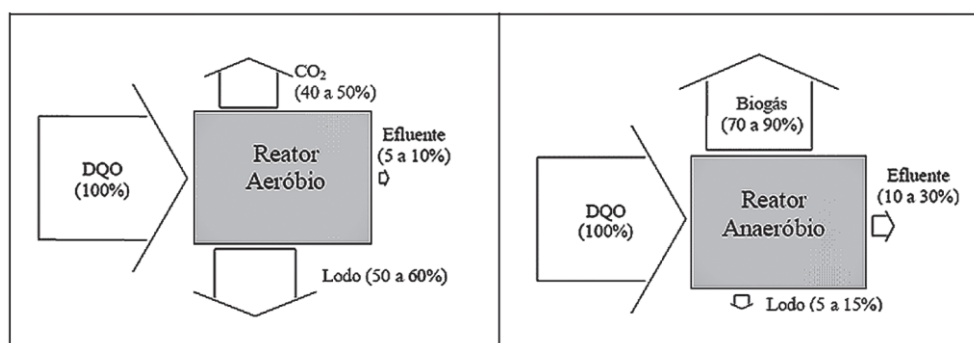
Tratamento secundário: Segundo o ICIEG o tratamento secundário tem como finalidade a remoção de matéria orgânica dissolvida e em suspensão. Neste a principal

característica é a colocação de um tratamento biológico para uma remoção da matéria orgânica com reações bioquímicas. Auxilia também na remoção de coliformes e nutrientes (nitrogênio e fósforo), Rampelotto, 2014.

Este tratamento promove uma degradação biológica de composto carbonáceos, convertendo carboidratos, óleos, graxas e proteínas a compostos mais simples, como: CO_2 , H_2O , NH_3 , H_2S etc., dependendo do processo. O processo pode variar entre aeróbio e anaeróbio, dependendo do projeto usa-se ambos os métodos, aeróbio + anaeróbio, Campos apud Gonçalves 2006.

- a) Quando o sistema é feito por um processo anaeróbio o material orgânico biodegradável presente na água se transforma em biogás (70 a 90%). Do valor restante de matéria orgânica, de 5 a 15% é transformada em biomassa microbiana, constituindo no lodo excedente. Nesse sistema o efluente contém de 10% a 30% de matéria orgânica antes do tratamento.
- b) No sistema aeróbio a degradação biológica é em torno de 40 a 50% da matéria da matéria orgânica, transformando esse material em CO_2 , uma fração de matéria orgânica de 50 a 60% é convertida em biomassa microbiana, produzindo lodo excedente no sistema. O restante do material que não foi convertido (5 a 10%) sai no efluente como material não degradado. A Figura 08 apresenta um esquema do tratamento aeróbio e do anaeróbio mostrando as conversões biológicas de seu material.

Figura 08: Conversão biológica da matéria orgânica em um sistema aeróbio e anaeróbio para tratamento sanitário.



Fonte: Gonçalves (2006) apud Chernicharo (2001).

Os sistemas de tratamento anaeróbio mais utilizados segundo campos apud Gonçalves 2006/1999 são os reatores UASB sigla para 'Upflow anaerobic sludge blanket' (manta de lodo anaeróbio), os tanques sépticos, os tanques Imhoff e os sistemas de tanque séptico seguido de

filtro anaeróbio. Entre os processos aeróbios, recebem destaque o tratamento no solo (Vala de filtração, Infiltração rápida, Irrigação subsuperficial e Escoamento superficial), tratamento em lagoas (Lagoas de estabilização facultativa, Lagoa de polimento, Lagoa de alta taxa de produção de algas), tratamento em reatores com biofilme (Filtro biológico percolador, Biofiltro aerado submerso, Filtro biológico aerado submerso, Leito fluidizado aeróbio), tratamento em reatores de lodos ativados (Sistema de lodo ativados convencional, Sistemas de reatores sequenciais em batelada) e tratamento de sistema de flotação (Microaeração e flotação, Flotação por ar dissolvido), Gonçalves 2006.

Como a água de reúso também necessita de atender padrões de qualidade estéticos, é obrigatório conter a etapa aeróbia, pois segundo Gonçalves é a única capaz de remover turbidez de maneira significativa. Devido ao fato da qualidade de um sistema anaeróbio quanto a degradação de matéria orgânica, um sistema anaeróbio-aeróbio é interessante em um país como o Brasil, devido às condições climáticas favoráveis.

Tratamento terciário: Segundo Gonçalves (2006) em águas cinzas o objetivo principal desse tratamento é a desinfecção, dado ao fato de que a remoção de nutrientes não é uma exigência em caso de reúso agrícola ou em edificações. A desinfecção visa inativar organismos presentes no esgoto sanitário que possam trazer riscos à saúde humana, podendo atuar essa desinfecção por meios artificiais ou naturais.

Os processos de desinfecção se utilizam de agentes físicos e químicos de forma combinada ou isolada para inativar os organismos patogênicos. Dentre os agentes químicos mais utilizados para desinfecção recebe destaque o cloro, dióxido de cloro e o ozônio (menos utilizado devido a sua complexidade operacional, altos custos para implantação e funcionamento), Gonçalves 2006. Um método físico que recebe destaque é a radiação ultravioleta (UV), que se mostra competitiva com a cloração devido ao fato de ambas não produzirem produtos tóxicos devido a sua utilização. Na Figura 09, há uma esquematização do tratamento terciário para o processo de desinfecção.

Figura 09: Processos de desinfecção em esgotos sanitários.



Fonte: Gonçalves (2006).

9.2 Exemplos de sistemas de tratamento

No mercado há diversos sistemas industrializados para tratamento de esgoto doméstico, facilitando a implantação desses sistemas e ajudando a aumentar o consumo, visando os benefícios ecológicos que o reúso traz. A escolha do efluente e do tratamento varia de acordo com o efluente tratado e de sua vazão diária de contribuição, Oliveira 2007. A seguir estão expressos alguns sistemas disponíveis em sistemas prediais de reúso de água, juntamente com a qualidade do efluente estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: exemplo de estações de tratamento de águas cinzas no Brasil.

Local	Nível de tratamento			Qualidade do efluente
	Primário	Secundário	Terciário	
Brasil/predial	Peneira	Reator anaeróbio compartimentado + filtro biológico aerado submerso + filtro de areia	Cloração com pastilhas de hipoclorito de sódio	SS = 1
				Dbo5 = 5
				Turb = 2
				Cter = 0
Brasil/residencial	Grade fina	Filtro aeróbio com leito de brita	Cloração com pastilhas de hipoclorito de sódio	SS = 9
				Dbo5 = 6
				turb = 14

Fonte: Gonçalves (2006).

O sistema de tratamento mais apropriado com base nos poluentes segundo a CEFET-MG é dado de acordo com a Tabela 11:

Tabela 11: Tratamento para cada variação de poluentes.

Poluentes	Tipos de tratamento
Sólidos suspensos	Gradeamento/peneiramento, trituração, coagulação/floculação, decantação, flotação e filtração
Orgânicos	Processos biológicos (reatores aeróbios, anaeróbios), químicos (oxidação) e físicos (absorção e adsorção)
Inorgânicos	Biológicos (remoção de nitrogênio e fósforo), precipitação, adsorção, troca iônica e osmose inversa
Patogênicos	Cloração, Ozonização e radiação UV

Fonte: CEFET-MG (2015).

Segundo Neal apud Gonçalves (2006) um sistema de água cinza para uso predial deve conter no mínimo as seguintes etapas no sistema de tratamento: gradeamento grosseiro, aeração, digestão/floculação natural, sedimentação e desinfecção, propondo assim a seguinte disposição dos elementos.

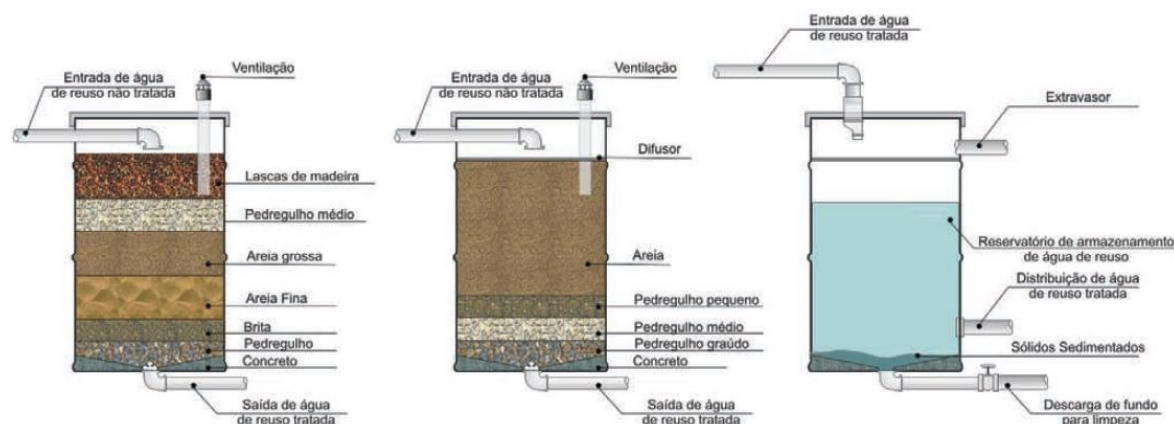
- Filtro para retenção complementar de sólidos, cujo meio filtrante deve ser composto por material barato, não reutilizável e biodegradável, para ser utilizado como substrato em compostagem local;
- Tanque de aeração principal, compartimento dimensionado para tratar a produção de águas cinzas pelo menos uma vez por semana;
- Tanque de estocagem (de preferência, aerado), dimensionado para estocar produção de água cinzas de 4 semanas;
- Unidade de desinfecção caso haja contato direto por parte dos usuários no reúso.

Na sequência foi apresentado sistemas de tratamentos específicos para o tratamento da água.

9.2.1 Filtro de múltiplas camadas

Sistema simples de tratamento doméstico destinado ao reúso de água. O sistema consiste em um filtro de múltiplas camadas por onde passa o efluente a ser tratado. Sistema de fácil confecção com barril plástico e agregados específicos que proporcionam a taxa de filtração necessária no tratamento. Esse filtro possibilita tratamento biológico e mecânico reduzindo a $DBO_{5,20}$, retendo sólidos sedimentáveis e removendo, parcialmente ou totalmente as concentrações de nitrogênio amoniacal, fosfatos e coliformes fecais. A Figura 10 demonstra o filtro de múltiplas camadas.

Figura 10: Filtros de múltiplas camadas utilizados para o tratamento águas cinza destinadas ao reuso com um tanque de armazenamento no fim do sistema.

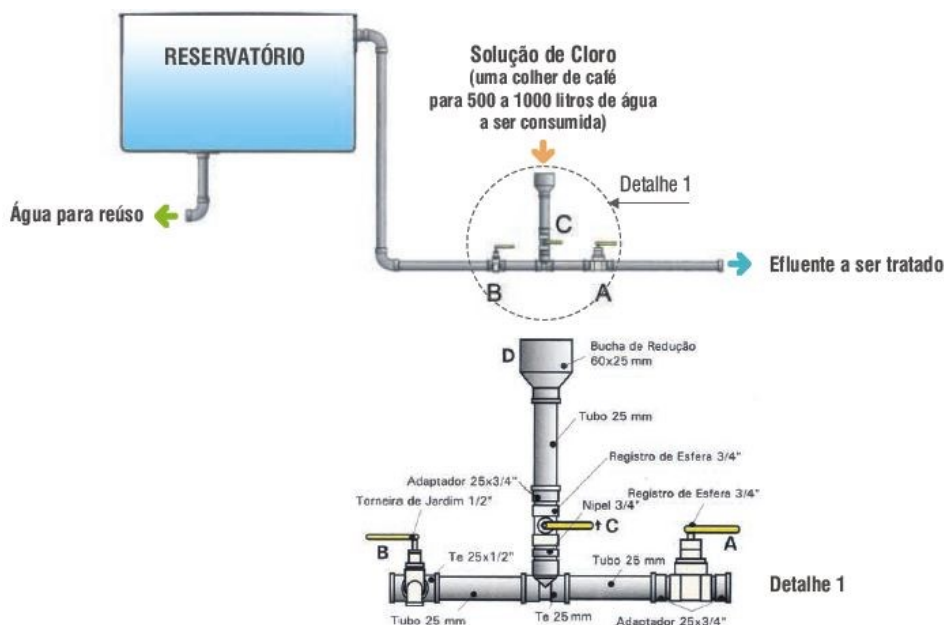


Fonte: Oliveira *et al* (2007).

Após o tratamento pelo filtrante é recomendável fazer uma desinfecção, fazendo cloração ou utilizando radiação ultravioleta. O sistema todo será automatizado, com um sensor medidor de vazão, essa vazão acionará a bomba para acionar o reservatório de cloro, enviando para o sistema a quantidade necessária para desinfecção.

Um sistema de desinfecção foi desenvolvido pela Embrapa em 2004, este sistema foi feito para consumo humano em zonas rurais, mas também, pode ser utilizado para a desinfecção de águas destinadas à reuso doméstico. O procedimento apresentado pela Embrapa na Figura 11 segue os seguintes passos: Feche o registro (A) da entrada de água para o reservatório; abra-se a torneira (B) para aliviar a pressão da tubulação, até o esgotamento da água; para reservatórios com capacidade de 500 litros de água prepara-se uma solução de cloro adicionando em $\frac{1}{2}$ copo de água uma colher rasa (de café) de cloro granulado, devendo ser misturada para diluir o cloro; em seguida é aberto o registro (C) do clorador e colocada vagarosamente a solução de cloro no receptor (D) (evitando contato do gás liberado com os olhos). Após a operação, deve-se lavar o receptor de cloro (D) com água e fechar o registro; Em seguida, fecha-se o registro do clorador C e é aberto o registro de entrada de água, após a água chegar ao reservatório de água a cloração foi feita corretamente. Uma hora após a execução do procedimento a água estará descontaminada. Se o consumo de água diário for de 500 litros este procedimento deve ser repetido diariamente.

Figura 11: Clorador de água desenvolvido pela Embrapa



Fonte: Embrapa (2002).

Segundo Oliveira 2007 há outros equipamentos de desinfecção de água, tais como pastilha, hidrogerox (equipamento que gera cloro a partir de cloreto de sódio), emissores de raios UV, ionizadores etc. A adoção depende dos custos e dos benefícios que os produtos trazem.

9.2.2 Sistema “Zona de raízes”

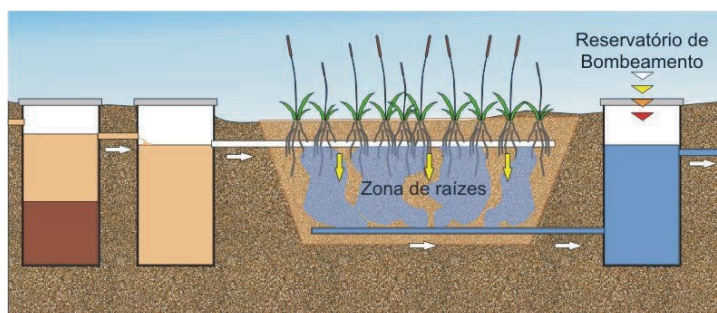
Conhecido como solos filtrantes ou Wetlands, são sistemas que aproveitam o solo para tratar o efluente doméstico. É um sistema composto por uma vala preenchida com camadas de areia, pedras de diversas granulometrias e um solo altamente alcalino. Na vala são dispostas uma malha de drenos na cota mais profunda e outra de dispersores na camada mais superficial.

Neste tratamento o efluente de esgoto passa por uma fossa séptica e por um decantador, depois é encaminhado para a malha dispersora que o distribui superficialmente sobre a vala filtrante. O efluente percola na vala até ser novamente coletado por uma rede drenante que contém tubos furados. Quando bem dimensionado, este sistema tem elevado desempenho de remoção na maioria da carga poluidora presente no esgoto doméstico. Este sistema processa quase que completamente a carga poluidora, transformando-a em materiais inofensivos e até úteis para o desenvolvimento das plantas, Oliveira et al apud Artemec (2003).

As vegetações recomendadas para esse sistema são do tipo juncos ou taboas que possuem capacidade de se desenvolver com baixa oxigenação dos solos saturados de água, e

quando é oferecido oxigênio pela raiz a vegetação cria condições ideais para proliferação de bactérias, essas bactérias presentes na raiz das plantas aumenta os processos biológicos consumindo as matérias orgânicas da água e removendo outros produtos presentes na água, melhorando os processos biológicos de degradação da carga orgânica. Na Figura 12 é apresentado o sistema de Zona de raízes.

Figura 12: Demonstração do sistema de Zona de raízes.



Fonte: Oliveira et al (2007).

As vantagens desse sistema é que ele opera sem o consumo de energia elétrica, exceto para o sistema de recalque. Outra vantagem é que o sistema permite coleta da água de chuva que precipita sobre a vala. No caso de habitações de interesse social isoladas torna-se restritivo em função de pequenas áreas dos lotes.

9.2.3 Estações compactas

São sistemas fabricados em indústria, podem ser usados em residências unifamiliares até grandes conjuntos habitacionais. Uma vantagem desse sistema é que podem ficar totalmente sob a superfície não impedindo a reutilização em estacionamento, jardins, play-grounds, etc. A Figura 13 apresenta o sistema compacto da empresa Mizumo Family.

Figura 13: Sistema Mizumo Family.

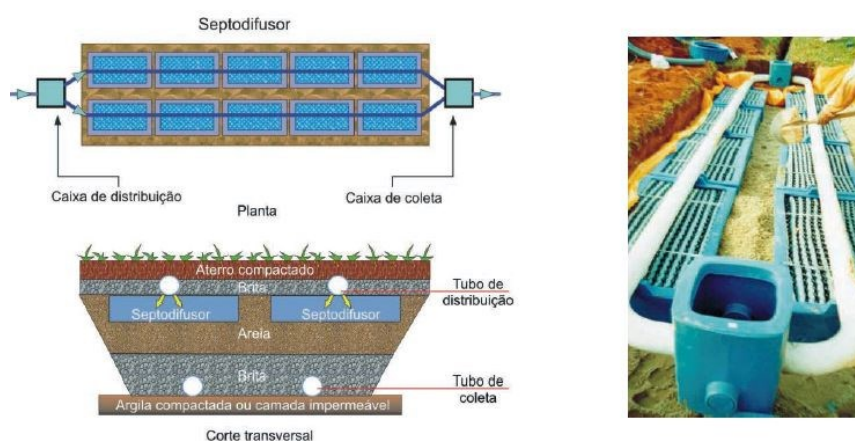


Fonte: Oliveira et al (2007).

9.2.4 Septodifusor ou vales de infiltração

O funcionamento do septodifusor permite com que o efluente do esgoto passe por uma camada de pedras ou através de elementos com grande superfície de contato, conforme a Figura 14. Esses elementos são os Septodifusores, que em sua superfície forma um filme biológico com bactérias e microorganismos. Esses organismos possibilitam degradação aeróbia, posteriormente há uma camada de areia grossa que também contém bactérias que complementam a filtração, como um filtro lento, (Nuvolari, 2003).

Figura 14: Tratamento com Septodifusor.



Fonte: Oliveira et al (2007).

O efluente é captado por drenos que se situam abaixo das camadas de tratamento biológico. Após a passagem pelo septodifusor a água é encaminhada para um reservatório de armazenamento. Esse sistema seria boa alternativa para sistemas coletivos em área comum devido à sua necessidade de uma área grande, consequentemente é inviável para interesse social onde há pequenas áreas de lote.

10 Considerações sobre as Instalações prediais de água fria com aproveitamento de água cinza

A rede predial em um sistema aproveitamento de água de reúso necessita de dois sistemas de alimentação independentes para atendimento isolado dos equipamentos relativos a cada um deles. As águas cinzas após passarem pelos aparelhos sanitários são encaminhadas para o sistema de tratamento que retiram a carga poluidora e promovem a desinfecção da água.

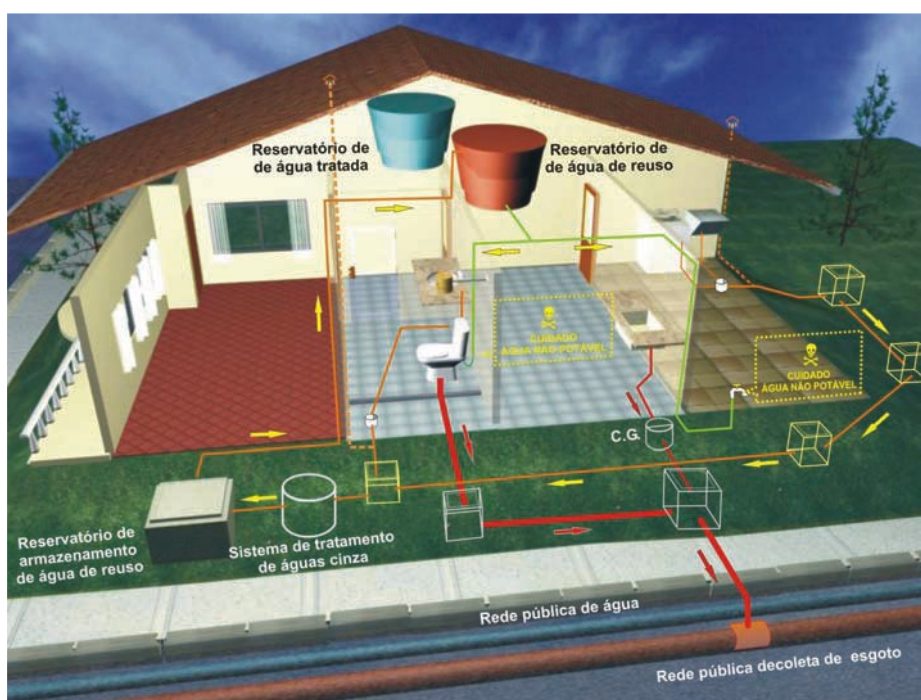
A água efluente do vaso sanitário (água negra) é encaminhada para o sistema de coleta e afastamento de esgoto e não mais circula na edificação.

Após a água ter passado pelo tratamento e desinfecção, ela é levada para um reservatório exclusivo para ser distribuída nos pontos de utilização ou para ser encaminhada para um reservatório superior para uma futura utilização. Devido à possibilidade de falta de água nos reservatórios de água de reúso, cujo volume acumulado depende da produção de água servida na edificação, os pontos de utilização também podem ser abastecidos por água potável cuidadosamente dimensionados de forma a evitar contaminação da água potável.

Para prever o reúso de águas cinzas, excluindo-se as águas negras, oriunda de vasos sanitários, as tubulações de esgoto devem ser projetadas de maneira que os efluentes sejam encaminhados por tubulações distintas, possuindo cores distintas entre as tubulações para evitar erros durante a execução do sistema. Segundo Gonçalves (2006), é recomendável que os registros das águas de reúso sejam diferentes dos registros de água potável, devido às ações rotineiras e automáticas esses registros evitariam uso de água não potável em situações inadequadas.

A Figura 15 ilustra o sistema de reúso de água completo em uma residência. O sistema apresentado é constituído por dois reservatórios um inferior e um superior e o sistema de tratamento é abastecido pelos efluentes da edificação, que abastecem a torneira do jardim e a bacia sanitária. O Anexo F representa o edifício estudado de maneira similar a Figura 15, sobre o caminhamento do sistema.

Figura 15: Esquema ilustrativo de um sistema de reúso de água.



Fonte: Oliveira (2007).

10.1 Consumo de água

A escassez de água presente no mundo fez com que várias empresas analisassem seus produtos comercializados alterando-os com o intuito de economizar água. As torneiras foram colocadas com arejadores na extremidade de saída reduzindo consideravelmente a vazão de água, as bacias sanitárias modernas NBR 15.097, ABNT, 2004 apresentam ou caixa de descarga ou válvula de descarga, na caixa de descarga o volume de descarga é de 6,8 L, não cabendo ao usuário aumentar ou diminuir o volume. No caso da válvula de descarga, há no mercado as que são feitas de acordo com a norma brasileira, que apesar do tempo que o usuário mantenha o botão acionado o volume de água se manterá o mesmo, para ter uma nova vazão é necessário acionar uma nova descarga no aparelho sanitário, apesar disso essas válvulas só podem ser adquiridas sob encomenda do fabricante.

Segundo Gonçalves (2006), o consumo de água utilizado em uma bacia sanitária no Brasil pode ser estimado pegando valores médios da realidade atual. Segundo Oliveira (2017)., o consumo médio da população é adotado como 200L/hab.dia, e tem se que a descarga é acionada 3 vezes por pessoa por dia, por fim supõe-se uma bacia sanitária mais antiga, gastando de 9 a 12 L/descarga. Com os valores médios observados nas pesquisas descritas neste trabalho foi adotado que a água utilizada nas bacias tem uma contribuição de 14% do total de água da edificação.

10.2 Dimensionamento do sistema

10.2.1 Consumo de água potável

A edificação conta com 8 andares, 4 apartamentos por andar, 3 quartos, 2 banheiros, 1 área de serviço e 1 lavabo por apartamento até o sexto andar. A cobertura (sétimo e oitavo andares) além dos equipamentos já listados tem, no oitavo andar, 1 suíte e 1 lavabo. Considerando-se as informações supracitadas é possível calcular a população da edificação e o número de vasos sanitários:

- Pessoas totais na edificação: $88 \text{ quartos} * 2 \text{ pessoas/quarto} = 176 \text{ pessoas}$;

Segundo Oliveira (2017), para estimar o consumo diário de água podem ser consideradas duas pessoas por quarto resultando em 176 pessoas, e, portanto, consumo diário de 35200 L. A demanda de água, conseqüentemente a oferta, da edificação foram obtidos a partir de valores médios baseados nos ilustrados na Tabela 02. Esses valores foram obtidos da seguinte maneira:

$$CD = P * C \quad (1)$$

$$CD = 200 * 176 = 35.200 \text{ L/água/dia}$$

CD = Consumo diário de água na edificação

P = Número de pessoas total a serem atendidas

C = Consumo de água por pessoa por dia

A Tabela 12 e 13 expressam dados diversos da edificação e a demanda de água por utilização.

Tabela 12: Dados da edificação.

Dados da edificação	
Número de pavimentos tipo	7
Pavimento cobertura	1
Número de apartamentos por pavimento	4
Quartos por apartamento	3
Número de apartamentos na cobertura	4
Número de quartos na cobertura	4
Área impermeável descoberta	457,82
Área permeável	87,8 m ²

Fonte: Autor (2017).

Tabela 13: Demanda de água não potável na edificação

Demanda por utilização	
Vaso sanitário	14% do consumo
Lavagem da área impermeabilizada	4,0 L/dia/m ²
	8 utilizações/mês
Irrigação da área permeável	2,0 L/dia.m ²
	10 vezes/mês

Fonte: Gonçalves (2006) e Thomaz (2001).

Considerando o consumo máximo diário que é um dia em específico que são utilizadas águas para descarga sanitária, água para irrigação e água para lavagem das áreas impermeabilizadas a demanda total é expressa de acordo com os itens abaixo. A demanda interna corresponde ao volume de água a ser utilizada no vaso sanitário, acrescida de um potencial de perda de 10%, Gonçalves (2006).

$$Q_{int} = Q_{vaso} \quad (2)$$

$$Q_{int} = 35200 * 0,14 * 1.1 = 5420,8 \frac{L}{dia}$$

Cálculo demandas externas

$$Q_{ext} = Q_{irrigação} + Q_{lavagem} \quad (3)$$

$$Q_{ext} = 87,8 \, m^2 * \frac{2,0 \, L}{dia * m^2} + 457,82 \, m^2 * \frac{4,0 \, L}{dia * m^2} = 2006,88 \, L/dia$$

Portanto, o consumo diário total de água de reúso é dado por:

$$Q_{nec} = Q_{int} + Q_{ext} = 5420,8 + 2006,88 = 7427,68 \, \frac{L}{dia}$$

10.2.2 Estimativa da produção de água cinza

Para estimativa de produção de água cinza por aparelho, foram utilizados dados médios percentuais a partir da média dos trabalhos descritos na Tabela 02, e considerando-se o consumo total de água fria de 35200 L. Os valores obtidos são mostrados na Tabela 14.

Tabela 14 – Consumo estimado de água servida por aparelho sanitário

Aparelhos	Valores médios	Consumo total
Lavatório	9,15%	3.220,80 L/dia
Chuveiro	43,9%	15.452,80 L/dia
Máquina de lavar roupas	6,28%	2210,56 L/dia
Tanque	6,47%	2.277,44 L/dia

Fonte: Autor (2017)

Com os aparelhos citados a produção diária de água cinza é de $23.161,6 \, \frac{L}{dia}$, já a produção mensal fica em torno de $694,85 \, m^3/mês$. A oferta de água da edificação é, portanto, maior que a demanda. Desta forma para esta edificação foi utilizada água servida proveniente do banheiro (lavatório e chuveiro) no total de $18673,6 \, \frac{L}{dia}$, suficiente para suprir a demanda que é de $7428 \, \frac{L}{dia}$. Nesse sistema de reaproveitamento de água dada a característica do edifício foi possível economizar cerca de 21% do total de água consumido.

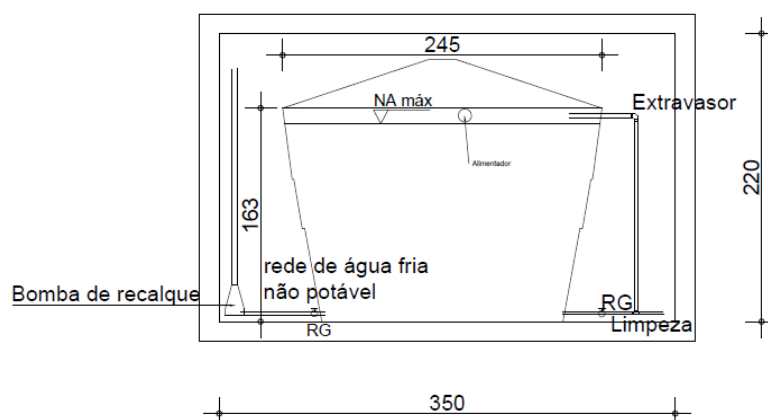
Para o reservatório conseguir manter uma demanda de no mínimo 24 horas e atendendo aos valores comerciais, foi disposto um reservatório superior de 3000 L e um reservatório inferior de 5000 L, pois segundo a ABNT NBR 5626: 1998, nos casos em que houver reservatórios inferior e superior, a divisão da capacidade de reservação total deve ser feita de modo a atender às necessidades da instalação predial de água fria quando em uso normal, às situações eventuais onde ocorra interrupção do abastecimento de água da fonte de abastecimento e às situações normais de manutenção.

Para um funcionamento correto do sistema, solicitando água do reservatório inferior quando necessário e requisitando água do reservatório de água potável quando o reservatório inferior e superior de água cinza não comportar a vazão requeria, tem-se que o reservatório superior de água não potável possui quatro níveis, “o NA MIN BOMBA”, nível de água mínimo

para o acionamento do conjunto moto bomba e “o NA MÁX BOMBA”, nível de água máximo do reservatório para o desligamento automático do conjunto moto bomba, e outros dois níveis, “NA MIN SENSOR” que é quando a água chega nesse nível, aciona um sensor que abre um registro que permite água do reservatório de água potável ao não potável, já quando a água chega no nível “NA MÁX SENSOR”, o sensor é acionado fazendo o registro desligar. Já para o reservatório inferior de água não potável foram previstos um nível: “NA MÁX”, nível de água máximo do reservatório pode chegar, se passar alguns centímetros desse nível, é acionado o ladrão de água, permitindo que esta água saia do reservatório, por um sistema extravasor.

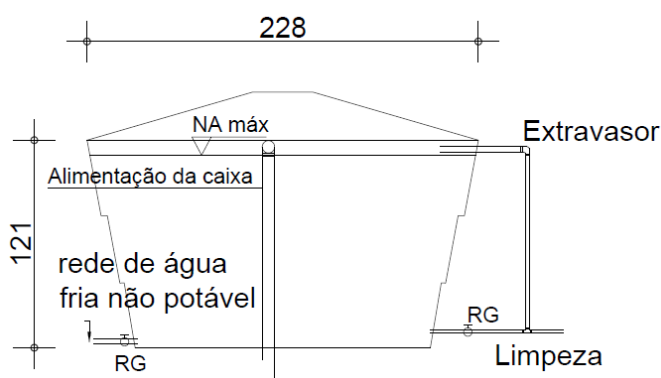
O extravasor do reservatório segundo Oliveira (2017) é normalmente adotado um diâmetro comercial acima do diâmetro dos alimentadores dos reservatórios. A tubulação de extravasamento foi adotada em DN 40. As imagens dos reservatórios inferior e superior estão ilustradas nas Figuras 16 e 17. A representação do reservatório superior está expressa no Anexo B.

Figura 16: Reservatório inferior da edificação



Fonte: Autor (2017).

Figura 17: Reservatório superior da edificação



Fonte: Autor (2017).

10.2.3 Dimensionamento das tubulações

A rede de água fria visa encaminhar a água tratada do reservatório superior aos aparelhos sanitários destinados com velocidade e pressão adequadas, sem que tenha cruzamento entre rede de água potável e água não potável. Para garantir um sistema contínuo, foi estimado a vazão em cada trecho de tubulação a partir do método de consumo máximo provável, que se baseia na hipótese que o uso simultâneo de todos os aparelhos é pouco provável, diferente do método do consumo máximo possível que considera todos os aparelhos funcionando simultaneamente. O Anexo A da ABNT NBR 5626:1998 sugere o Método dos Pesos Relativos para o dimensionamento da rede de água, que constitui em:

- 1- Verificar o peso de cada aparelho na Tabela 15 da Norma ABNT NBR 5626:1998;
- 2- Somar os pesos de cada aparelho sanitário conforme indicado na Norma;
- 3- Calcular a vazão a partir da formulação $Q = 0,3 \times \sqrt{\sum P}$ (4), para cada trecho da tubulação, para:

Q = Vazão estimada da seção considerada;

$\sum P$ = Soma dos pesos relativos de todas as peças de utilização alimentada pela tubulação considerada;

Para garantir o perfeito funcionamento do sistema de água fria, foi determinada a vazão em cada trecho para dimensionar a tubulação a partir do método de consumo máximo provável. Para o sistema, a velocidade da água deve ser menor que 3 m/s, segundo a Norma ABNT NBR 5626:1998, com uma recomendação feita por Oliveira (2017) de: $V < 14 * \sqrt{D}$.

Tabela 15: Vazão nos pontos de utilização dos aparelhos sanitários.

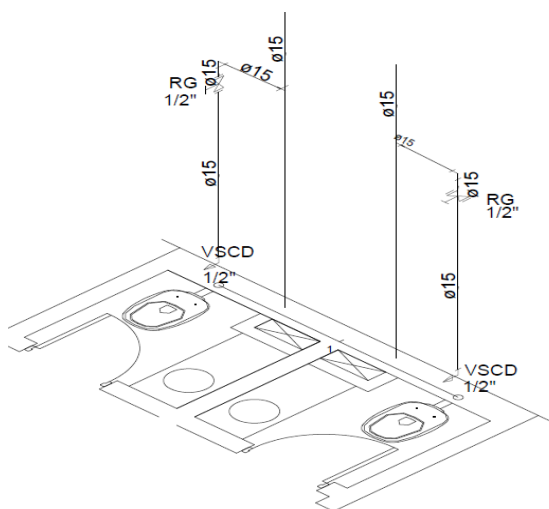
Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15
		Válvula de descarga	1,70
Banheira		Misturador (água fria)	0,30
Bebedouro		Registro de pressão	0,10
Bidê		Misturador (água fria)	0,10
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,30
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25
		Torneira elétrica	0,10
Tanque		Torneira	0,25
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20

Fonte: ABNT NBR 5626 (1998).

Segundo Oliveira (2017), o ponto de água de um vaso sanitário de caixa acoplada é 0,15 a 0,4 m, com isso a rede de água fria não potável para os apartamentos tipo ficam de acordo com a Figura 18.

Considerando os parâmetros de projeto descritos anteriormente e a solução de caminhamento das tubulações constante no Anexo A, com a tubulação expressa em verde, foram dimensionados os trechos do sistema de abastecimento de água de reúso e os resultados são ilustrados na Tabela 16. Outras imagens da tubulação de água fria dos banheiros estão expressas no Anexo C.

Figura 18: Sistema de água fria de um dos banheiros.



Fonte: Autor (2017).

Tabela 16: Dimensionamento da rede de água fria não potável para os apartamentos da cobertura, referente ao banheiro tipo 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11	13	14	15
Trecho	Soma dos pesos	Vazão estimada	Diâmetro interno	Velocidade	Perda de carga unitária	Diferença de cota	Pressão disponível	Comprimento da tubulação			Perda de carga		Pressão disponível	Pressão requerida no ponto de utilização
							(14) + 10 x (7)	Real	Equivalente	Total (real + equi)	Tubulação (10) x (6)	Total		
		L/s	mm	m/s	kPa/m	m	kPa	m	m		kPa	kPa	kPa	kPa
Coluna de distribuição e banheiro cobertura (coluna de água fria AF12)														
1 – 2	32,50	1,71	27,80	2,82	3,07	0,02	23,60	0,02	0,30	0,32	0,98	0,98	22,62	> 5
2 – 3	22,90	1,44	27,80	2,37	2,26	0,00	23,40	0,20	4,80	5,00	11,31	11,31	12,09	> 5
3 – 4	18,00	1,27	27,80	2,10	1,83	0,00	23,40	3,16	4,80	7,96	14,59	14,59	8,81	> 5
4 – 5	13,80	1,11	27,80	1,84	1,45	0,00	23,40	0,54	4,80	5,34	7,76	7,76	15,64	> 5
5 – 6	9,60	0,93	27,80	1,53	1,06	0,00	23,40	4,51	4,80	9,31	9,84	9,84	13,56	> 5
6 – 7	2,40	0,46	27,80	0,77	0,31	0,00	23,40	13,56	4,60	18,16	5,71	5,71	17,69	> 5
7 – 12	2,40	0,46	17,00	2,05	3,25	0,94	23,40	0,94	2,30	3,24	10,53	10,53	12,87	> 5
12 – 13	0,30	0,16	17,00	0,72	0,53	0,00	14,00	0,20	1,10	1,30	0,69	0,69	13,31	> 5
13 – 14	0,30	0,16	17,00	0,72	0,53	1,40	14,00	1,40	0,00	1,40	0,74	0,74	13,26	> 5

Fonte: Autor (2017).

10.2.4 Sistema de recalque

A instalação elevatória consiste no bombeamento da água do reservatório inferior ao superior com a utilização de tubo de PVC. Essa instalação deve conter no mínimo duas bombas de recalque para garantir um abastecimento contínuo caso falhe alguma das unidades. Foi feito um comando de ligar e desligar automático, devido aos níveis de água do reservatório superior. Para o dimensionamento do sistema de recalque foi utilizado a fórmula de Forchheimer:

$$\phi_{rec} = 1,3 \times \sqrt[4]{x} \times \sqrt{Q} \quad (5), \text{ onde:}$$

ϕ_{rec} = diâmetro da tubulação, (m),

x = n. de horas trabalhadas dividido por 24 horas;

Q = vazão de recalque (m³/s).

Segundo ABNT NBR 5626:1998, para grandes reservatórios o tempo de enchimento pode ser até 6h e para residências unifamiliares 1h, como o sistema de água cinzas tratadas é em menor dimensão foi adotado um recalque de 5h por dia.

$$Q = 8000 \text{ L}/5\text{h} = 1.600 \text{ L}/\text{h} = 4,44 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$X = 5 \text{ h.}$$

$$\phi_{rec} = 1,3 \times \sqrt[4]{\frac{5}{24} x} \sqrt{4,44 \times 10^{-4}} = 0,0185 \text{ m} = 18,5 \text{ mm}, \text{ sendo adotado o valor comercial mais próximo, DN 20 com um DI 21,6 mm.}$$

Verificação da velocidade de recalque

$$Q = V \times A \quad (6)$$

$$1,48 \times 10^{-3} = V \times \frac{\pi \times 0,0278^2}{4} = 2,43 \text{ m/s.}$$

Canalização de sucção

Para o diâmetro de sucção pode considerar um diâmetro comercial igual ao diâmetro de recalque calculado, pois não é provável que tenha cavitação nesse local devido ao comprimento da canalização ser curto. Portanto o diâmetro comercial de sucção é DN 20.

Perda de Carga

A perda de carga distribuída em um tubo depende do seu comprimento e diâmetro interno, da rugosidade da sua superfície interna e da vazão. Para calcular o valor da perda de carga nos tubos, pode-se usar a de Fair-Whipple-Hsiao indicadas a seguir.

Para tubos rugosos (tubos de aço-carbono, galvanizado ou não):

$$J = 0,0020 * Q^{1,88} * d^{-4,88} \quad (7)$$

Para tubos lisos (tubos de plástico, cobre ou liga de cobre):

$$J = 0,000869 * Q^{1,75} * d^{-4,75} \quad (8)$$

Onde:

J = perda de carga unitária, em m/m;

Q = vazão estimada na seção considerada, em m³/s;

d = diâmetro interno do tubo, em metros.

A perda de carga encontrada é a unitária, devendo ser multiplicada pelo comprimento do tubo. Para as conexões não há uma fórmula para cálculo da perda de carga diretamente, mas um método de comprimento equivalente, que ao invés de supor uma tubulação com ligações, o sistema supõe uma tubulação sem ligações, mas com um comprimento maior, com cada ligação equivalente a um certo comprimento de tubo. As Tabelas 17 e 18 a seguir mostram os comprimentos equivalentes para tubos rugosos e lisos respectivamente.

Tabela 17 Perda de carga em conexões – comprimento equivalente para tubos rugosos
(tubos de aço-carbono, galvanizado ou não)

Diâmetro nominal (DN)	Tipo de conexão					
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê passagem direta	Tê passagem lateral
15	0,5	0,2	0,3	0,2	0,1	0,7
20	0,7	0,3	0,5	0,3	0,1	1,0
25	0,9	0,4	0,7	0,4	0,2	1,4
32	1,2	0,5	0,8	0,5	0,2	1,7
40	1,4	0,6	1,0	0,6	0,2	2,1
50	1,9	0,9	1,4	0,8	0,3	2,7
65	2,4	1,1	1,7	1,0	0,4	3,4
80	2,8	1,3	2,0	1,2	0,5	4,1
100	3,8	1,7	2,7	---	0,7	5,5
125	4,7	2,2	---	---	0,8	6,9
150	5,6	2,6	4,0	---	1,0	8,2

Fonte: ABNT NBR 5626 (1998).

Tabela 18 Perda de carga em conexões – comprimento equivalente para tubos lisos (tubos de plástico, cobre ou liga de cobre)

Diâmetro nominal (DN)	Tipo de conexão					
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê passagem direta	Tê passagem lateral
15	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3
20	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4
25	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1
32	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6
40	3,2	1,0	1,2	0,6	2,2	7,3
50	3,4	1,3	1,3	0,7	2,3	7,6
65	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8
80	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0
100	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3
125	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0
150	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1

Fonte: ABNT NBR 5626 (1998).

Os registros de fechamento (registro de gaveta), geralmente utilizados na condição de passagem plena, apresentam perda de carga pequena que, para efeito deste procedimento, pode ser desconsiderada. Por outro lado, os registros de utilização (registros de pressão) apresentam elevada perda de carga, que deve ser cuidadosamente computada. A perda de carga nesses registros pode ser obtida através da seguinte equação:

$$\Delta h = 8 * 10^6 * K * Q^2 * \pi^{-2} * d^{-4} \quad (9)$$

Onde:

Δh = perda de carga no registro, em quilopascal;

K = coeficiente de perda de carga do registro;

Q = vazão estimada na seção considerada, em litros por segundo;

d = diâmetro interno da tubulação, em milímetros.

Perda de carga no sistema de sucção

Pela equação (8), têm-se:

$$J_{suc} = J_{rec} = 0,000869 * (4,44 \times 10^{-4})^{1,75} * 0,0216^{-4,75} = 0,096 \text{ m/m}$$

O comprimento equivalente para o sistema é dado pela Tabela 19

Tabela 19: Comprimento equivalente de sucção.

Comprimentos equivalentes – Sucção		
	Quantidade	Leq
Válvula de pé com crivo	1	13
Registro de gaveta	1	0,3
Redução excêntrica	-	-
Leq =	13,3	m

Fonte: Autor (2017).

Com isso a perda de carga na sucção é:

$$\Delta_{hs} = j(L_{real} + Leq) = 0,096 * (0,50 + 13,3) = 1,32 \text{ m}$$

Perda de carga no sistema de recalque

Pela equação (8), têm-se:

$$J = 0,096 \text{ m/m}$$

O comprimento equivalente para o sistema é dado pela Tabela 20:

Tabela 20: Comprimentos equivalentes de recalque.

Comprimentos equivalentes – Recalque		
	Quantidade	Leq
Curva 90°	3	3,6
saída de canalização	1	0,9
Registro de gaveta	1	0,2
Leq =	4,7	m

Fonte: Autor (2017).

Com isso a perda de carga no recalque é $\Delta_{hr} = 0,096 (33,00 + 4,7) = 3,62 \text{ m}$.

Cálculo da altura manométrica (Hm):

Altura manométrica se dá pelo somatório das cargas estáticas de sucção e recalque, juntamente com as perdas de carga de cada trecho.

$$Hm = \Sigma(\text{Alturas estáticas}) + \Sigma(\text{perdas de carga}) \quad (10)$$

$$Hm = (H_{est_{suc}} + H_{est_{rec}}) + (\Delta h_{suc} + \Delta h_{rec})$$

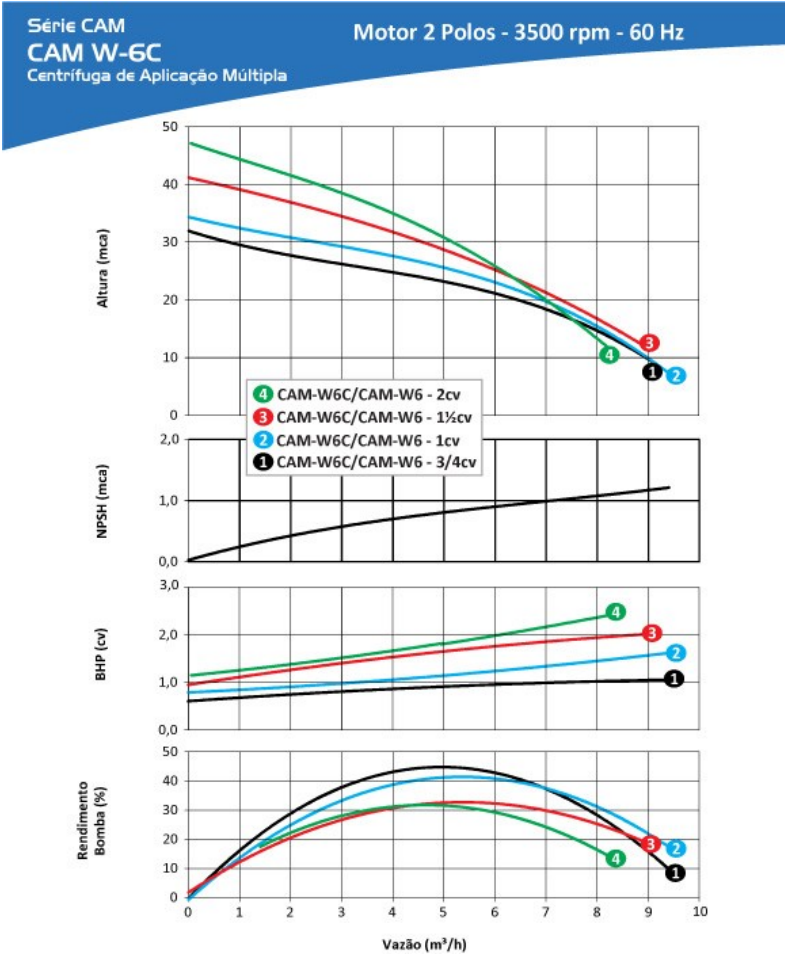
$$Hm = (0,0 + 33) + (1,32 + 3,62)$$

$$Hm = 37,94 \text{ m}$$

Dados da bomba

A potência da bomba pode ser calculada diretamente por tabelas oferecidas pelos fabricantes. A Tabela 21 e a Figura 19, mostram dados da bomba escolhida (DANCOR CAM W-6C), como as dimensões, a tabela de seleção e as curvas referente às características da bomba. Com os dados fornecidos pelo fabricante o produto consegue bombear 1,6 m³/h na altura do projeto.

Figura 19: Curvas da bomba.



Fonte: Dancor (2017).

Tabela 21: Tabela de seleção.

Modelo		Pot. (cv)	Tubulação		Diâmetro rotor (mm)	AMT max. (mca)	Altura Manométrica Total em metros de Coluna de Água (mca)																			
Monofásico	Trifásico		Suc. (bsp)	Elev. (bsp)			Não estão incluídas as perdas por atrito																			
127 ou 220V	220V/380V						Vazão (m³/h)																			
CAM-W6C	CAM-W6	3/4	1"	1"	130,0	32	9,3	9,0	8,6	8,2	7,7	7,1	6,5	5,6	4,5	3,2	1,8	0,8								
		1			136,0	35	9,3	9,0	8,6	8,3	7,9	7,5	7,0	6,4	5,7	4,8	3,8	2,5	1,3	0,4						
		1½*			145,0	42				8,6	8,2	7,7	7,3	6,8	6,3	5,8	5,2	4,6	3,9	3,2	2,4	1,5	0,6			
		2*			156,0	48				8,2	7,9	7,6	7,3	7,0	6,7	6,3	6,0	5,6	5,2	4,7	4,2	3,7	3,1	2,5	1,9	1,3

***Monofásico Bivolt: 110/220V**

IMPORTANTE:  Não utilizar as bombas em alturas inferiores àquelas limitadas pela linha demarcativa, sob o risco de sobrecarga no motor elétrico, ocasionando a perda da **GARANTIA**.

Fonte: Dancor (2017).

Potência da bomba: Para o cálculo da potência utilizou-se a seguinte equação;

$$Pot (cv) = \frac{9,8 \times Hm \times Qr}{\eta} \quad (1)$$

Onde: Hm = Altura manométrica (m); Qr = vazão de recalque (m³/s), η = rendimento da bomba.

Primeiramente considerou sistema a 100%, encontrando uma potência de:

$$Pot (cv) = \frac{9,8 \times 37,94 \times 4,44 \times 10^{-4}}{1} = 0,17 \text{ cv.}$$

Na curva da bomba encontrou-se um rendimento de 20%, encontrando uma potência de 0,9 CV, adotando então uma bomba de 1cv.

11 Dimensionamento das tubulações de coleta e afastamento de água servida

Para dimensionamento do sistema de coleta e afastamento de água cinza foi utilizada a ABNT NBR 8160:1999, que dimensiona pelo método de unidade de Hunter de contribuição (UHC). A UHC consiste em atribuir valor de contribuição de cada aparelho doméstico para o esgoto sanitário, a fim de dimensionar o diâmetro nominal do ramal de descarga. A Tabela 22 apresenta a contribuição de cada aparelho em termos de UHC, bem como o diâmetro nominal mínimo para cada aparelho.

Tabela 22: Unidades de Hunter de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga.

Aparelho sanitário		Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga DN
Bacia sanitária		6	100 ¹⁾
Banheira de residência		2	40
Bebedouro		0,5	40
Bidê		1	40
Chuveiro	De residência	2	40
	Coletivo	4	40
Lavatório	De residência	1	40
	De uso geral	2	40
Mictório	Válvula de descarga	6	75
	Caixa de descarga	5	50
	Descarga automática	2	40
	De calha	2 ²⁾	50
Pia de cozinha residencial		3	50
Pia de cozinha industrial	Preparação	3	50
	Lavagem de panelas	4	50
Tanque de lavar roupas		3	40
Máquina de lavar louças		2	50 ³⁾
Máquina de lavar roupas		3	50 ³⁾

¹⁾ O diâmetro nominal DN mínimo para o ramal de descarga de bacia sanitária pode ser reduzido para DN 75, caso justificado pelo cálculo de dimensionamento efetuado pelo método hidráulico apresentado no anexo B e somente depois da revisão da NBR 8452:1985 (aparelhos sanitários de material cerâmico), pela qual os fabricantes devem confeccionar variantes das bacias sanitárias com saída própria para ponto de esgoto de DN 75, sem necessidade de peça especial de adaptação.

²⁾ Por metro de calha - considerar como ramal de esgoto (ver tabela 5).

³⁾ Devem ser consideradas as recomendações dos fabricantes.

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999).

Com o auxílio da Tabela 22, apresentada o lavatório necessita de um diâmetro nominal de 40, a caixa sifonada recebe um total de 3 UHC, a Norma sugere colocar diâmetro nominal de 100 para aparelhos até 6 UHC, sendo adotado, caixa sifonada com saídas de DN 50. O dimensionamento do tubo de queda é dado de acordo com a Tabela 23, neste a partir das UHC e da altura do prédio é dimensionado o DN da tubulação.

Tabela 23: Dimensionamento do tubo de queda.

Diâmetro nominal do tubo DN	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição	
	Prédio de até três pavimentos	Prédio com mais de três pavimentos
40	4	8
50	10	24
75	30	70
100	240	500
150	960	1 900
200	2 200	3 600
250	3 600	5 600
300	6 000	8 400

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999).

A Tabela 24 apresenta as UHC totais da edificação, a fim de dimensionar o diâmetro dos tubos de queda.

Tabela 24: Unidades de Hunter de contribuição de cada tubo de queda da edificação.

	Apartamentos contribuintes	UHC/ apartamento	UHC total
TQ1	8	3	24
TQ2	8	3	24
TQ3	7	3	21
TQ4	7	3	21
TQ5	8	3	24
TQ6	8	3	24
TQ7	7	3	21
TQ8	7	3	21

Fonte: Autor (2017).

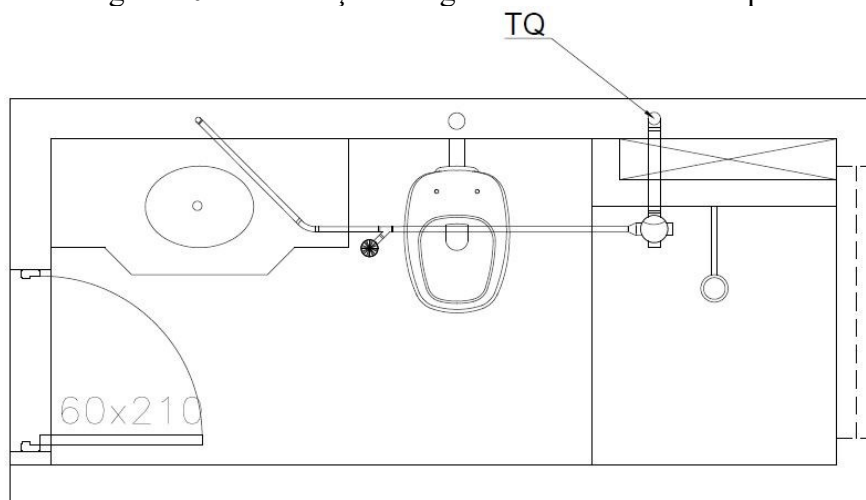
Cada tubo de queda conta com 24 e 21 UHC, com isso as tubulações para o tubo de queda são de DN 50.

Caixa de passagem

É destinada a permitir a junção de tubulações do subsistema de esgoto sanitário, sendo colocada no sistema de acordo com a disposição dos tubos de queda foram necessárias 25 caixas de passagem. Estas estão expressas no Anexo E.

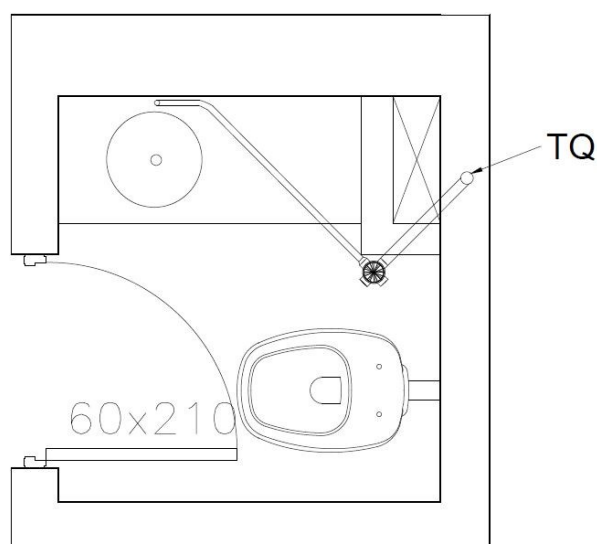
As canalizações do esgoto para os dois tipos de banheiro existentes ficam de acordo com a Figura 20 e 21.

Figura 20: Canalização de água cinza do banheiro tipo 1.



Fonte: Autor (2017).

Figura 21: Canalização de água cinza do banheiro tipo 2.



Fonte: Autor (2017).

12 Escolha do sistema de tratamento de águas cinzas

Segundo as classes de uso da NBR 13.969 é necessário atender alguns padrões de qualidade para a água da edificação. Esses parâmetros se encaixam na Classe 2 e Classe 3, expressos na tabela 01. A Classe 2 dessa tabela apresenta uma característica mais restritiva de qualidade, foi usado estes parâmetros para ter como objetivo uma água com valores de: Turbidez < 5 NTU; coliformes < 500 NPM/ 100mL; cloro residual > 0,5 mg/L, com um tratamento sugerido de filtro aeróbio submerso ou LAB seguido de filtração de areia e finalizando com uma desinfecção. Por indicação da Norma ABNT NBR 13.969:1997, foi adotado como tratamento Filtro aeróbio submerso, seguido de dois filtros de areia para serem

usados em alternância para permitir digestão do material retido, no fim do sistema de tratamento tem um sistema desinfecção por bombeamento de cloro.

Manutenção do sistema de tratamento

Segundo a Norma ABNT NBR 13.969:1997 A manutenção do Filtro aeróbio submerso deve ser feita periodicamente, seguindo manual do fabricante para um correto funcionamento. O filtro de areia deve ser operado mantendo condição aeróbia em seu interior, os filtros devem operar em paralelo, durante o período de repouso de um dos filtros, deve-se proceder limpeza e manutenção daquele em repouso. Após a secagem da superfície do filtro de areia, deve-se proceder à raspagem e remoção do material depositado na superfície, juntamente com uma pequena camada de areia (0,02 m a 0,05 m). A camada removida de areia deve ser repostada imediatamente com areia limpa com características idênticas àquela removida. A eventual vegetação na superfície do filtro deve ser imediatamente removida.

Sistema predial de água fria final: A imagem da planta arquitetônica final com as tubulações tão expressas no Anexo D.

13 Conclusão

Para medidas de implantação desse tipo de sistema é necessário primeiramente conscientizar a sociedade civil para ter uma maior responsabilidade na gestão de recursos hídricos, o trabalho apresentou um sistema de tratamento completo de uma edificação com a reutilização de água na edificação. Com diversas notícias de falta de água em torno do mundo essa é uma solução possível para amenizar problemas de crise hídrica. O uso de água potável para descargas em vasos sanitários, irrigação e lavagem de área impermeabilizada foi mostrada em estudo como um desperdício, cabendo a população utilizar meios de adequação para evitar o uso dessa água substituindo-as por uma água de qualidade inferior, mas que atenda aos padrões requeridos.

O sistema de água não potável quando feito o projeto antes da construção da edificação se torna mais acessível não sendo necessário uma reforma, facilitando a compatibilização dos projetos com os engenheiros e arquitetos responsáveis. É necessário que os órgãos elaborem uma norma a fim de auxiliar os profissionais, pois as normas acessíveis são antigas e de assuntos diferentes no qual é necessário fazer uma adaptação para o assunto estudado.

Seria interessante o governo propor leis de incentivo a edificações que apresentarem sistemas de reúso de água, com incentivos fiscais, ou redução em contas de água. Pois, um fato

que contribui para não ter uma aceitação populacional é a barreira financeira, no qual não são feitos investimentos por não analisarem os benefícios, mas apenas os custos. Na elaboração final desse projeto chegou com uma economia diária de cerca de 21% do volume de água utilizado no dia, utilizando dados do DMAE (Departamento municipal de água e esgoto), considerando valor do metro cúbico de água como 3,03 reais, seria economizado R\$ 22,50 por dia nessa edificação, consequentemente cerca de R\$675,00 por mês.

14 Referências

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626:** Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.
- _____. **NBR 8160:** Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1997.
- _____. **NBR 13969:** Tanques sépticos – Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1997.
- _____. **NBR 15097:** Aparelho sanitário de material cerâmico – Projeto e execução. Rio de Janeiro, 2004.
- PENA, Rodolfo F. Alves. "Distribuição da água no mundo"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilestola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-mundo.htm>>. Acesso em out. 2017.
- PENA, Rodolfo F. Alves. "Escassez de água no Brasil"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilestola.uol.com.br/geografia/escassez-agua-no-brasil.htm>>. Acesso em out. 2017.
- Cichinelli, Gisele. Projetos de soluções não potáveis. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/133/artigo285429-1.aspx>>. Acesso em out. 2017.
- Nunes, Gisele. Tratamento de efluentes. Disponível em: <http://www.tecquimica.cefetmg.br/galerias/arquivos_download/Tratamento_Primario_de_Efluentes_-_Gisele_-_Cefet_2015.pdf>. Acesso em out. 2017
- SINDUSCON. **Conservação e reúso de águas em edificações**. São Paulo. Editora gráfica 2005.
- PROSAB. **Uso racional de água em edificações**. Vitória. Editora SERMOGRAF 2006.
- SILVA, G.S. (2004) - **Programas permanentes de uso racional da água em Campi Universitários: Programa de uso racional da água da Universidade de São Paulo**. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Departamento da Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- MENDONÇA, P.A.O. **Reúso de água em edifícios públicos**. O caso da Escola Politécnica. Salvador 2004. Dissertação em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no Processo Produtivo. Universidade Federal da Bahia, Bahia 2004.
- RAMPELOTTO, Geraldo. **Caracterização e tratamento de águas cinzas visando reúso doméstico**. Santa Maria, 2014. Dissertação apresentada ao curso de Mestrado do programa de pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria 2004.

RAPOPORT, Beatriz. **Águas Cinzas: Caracterização, Avaliação Financeira e Tratamento para Reúso Domiciliar e Condominial**. Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2004.

Tomaz, Plínio. **ECONOMIA DE ÁGUA**. Editora Navegar, 63 p.

OLIVEIRA, Lucia Helena De e colab. **Levantamento do estado da arte: Água**. Projeto Finep: Tecnologias para construção habitacional mais sustentável, São Paulo, 2007.

Silva, Wilson Marques e colab. **Avaliação da reutilização de águas cinzas em edificações, construções verdes e sustentáveis**. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

EMBRAPA – Clorador embrapa – 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/46704/1/digitalizar0002.pdf> Acesso em out. 2017.

NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário: coleta transporte tratamento e reúso agrícola**. São Paulo, SP: Edgard Blücher, 2003. 520 p.

ICLEI, Brasil. “Manual para aproveitamento do biogás: volume dois, efluentes urbanos”. ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade, Secretariado para América Latina e Caribe, 2010.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP. Programa de Uso Racional da Água – PURA. 1999. Disponível em: <http://www.pura.poli.usp.br/main.html>. Acesso em out. 2017.

Instituto de pesquisas tecnológicas – IPT / PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA – PNCDA. Caracterização e monitoramento o consumo predial de água. Disponível em: http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA_E1.pdf Acesso em nov. 2017.

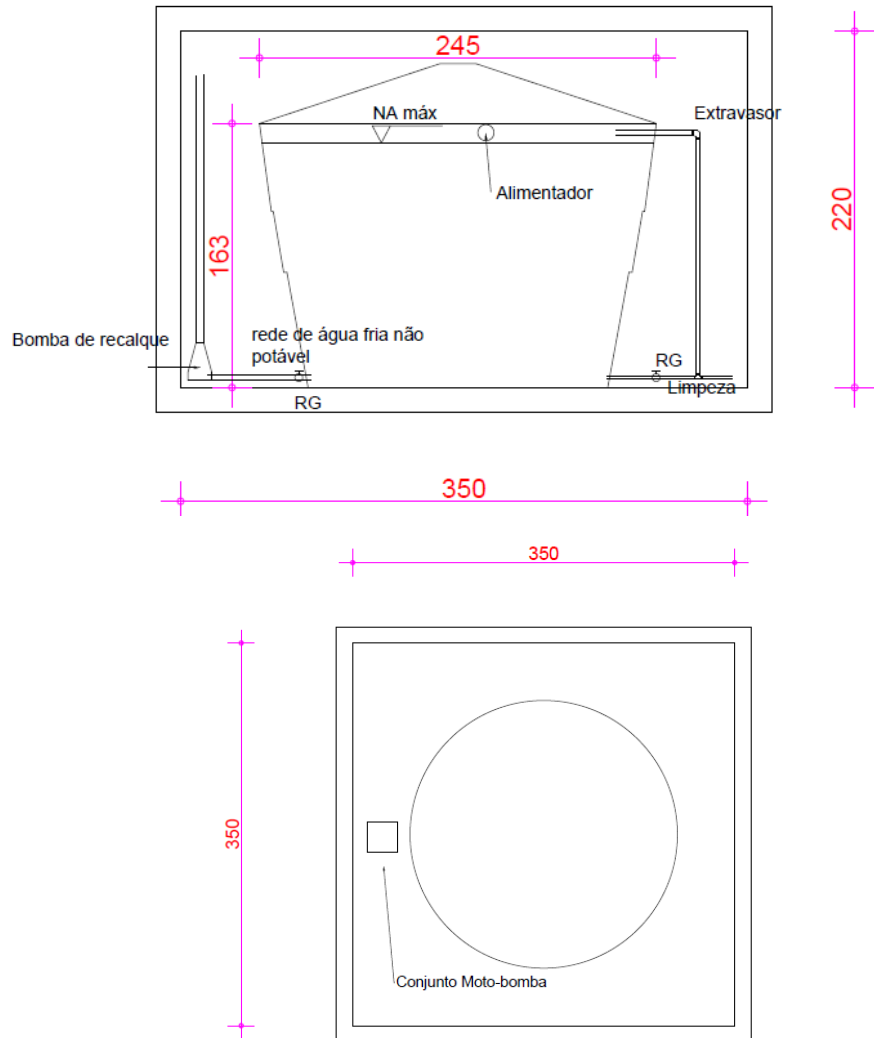
DECA. Uso Racional de Água. Disponível em: <http://www.deca.com.br/vitrine/agua/manutencao.html> Acesso em nov. 2017.

Oliveira, André. Material de sala de aula. Consumo predial diário. Universidade Federal de Uberlândia 2017.

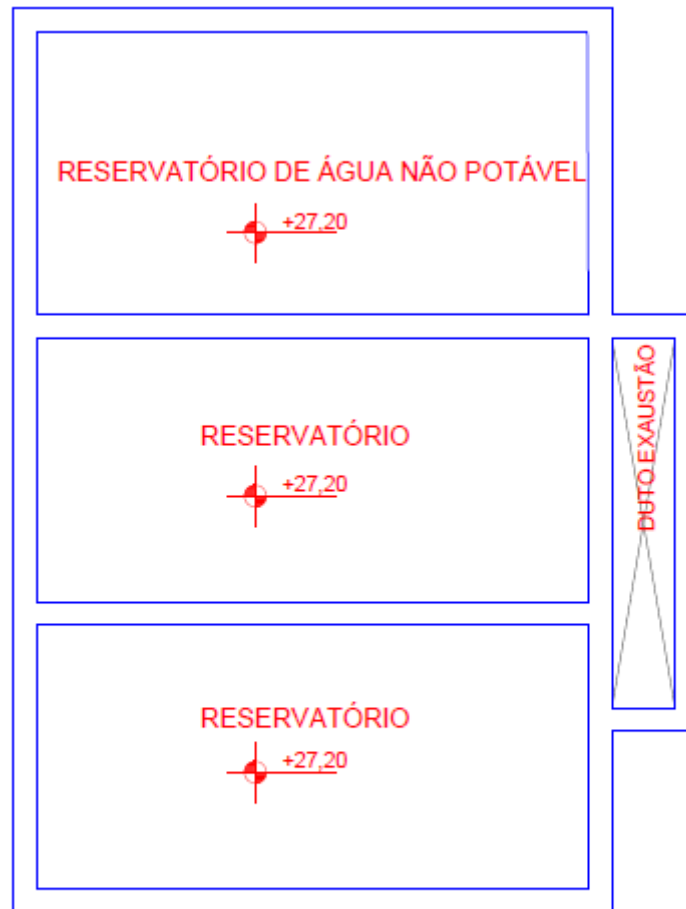
REALI, MARCO ANTÔNIO PENALVA; MORUZZI, RODRIGO BRAGA; PICANÇO, AURÉLIO PESSÔA; CARVALHO, Karina Querne De. **Instalações Prediais De Água Fria**. 2002.

Dancor. **Catálogo de produtos, bombas centrífugas**. Disponível em: <http://www.dancor.com.br/dancor-site-novo/public/produtos> Acesso em nov. 2017.

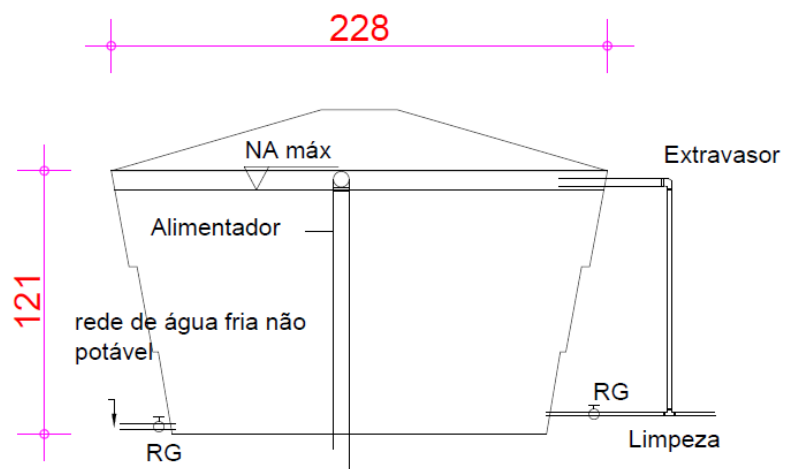
ANEXO A
Reservatórios inferiores de água cinza.



Anexo B
Apresentação do reservatório superior



4 PLANTA BAIXA RESERVATÓRIO



Anexo C

Exemplo sistema de água fria do banheiro da edificação

