

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL

JOÃO BATISTA PEREIRA DE BARROS FILHO
RONALD MESSANY JÚNIOR

**VIABILIDADE DE REÚSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS EM UMA
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO MUNICÍPIO DE CURITIBA - PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2014

JOÃO BATISTA PEREIRA DE BARROS FILHO
RONALD MESSANY JUNIOR

**VIABILIDADE DE REÚSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS EM UMA
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO MUNICÍPIO DE CURITIBA - PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção Civil, do Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Bentes Freire.

Coorientador: Prof^a. Dra. Karina Querne de Carvalho.

CURITIBA
2014

FOLHA DE APROVAÇÃO

VIABILIDADE DE REÚSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO MUNICÍPIO DE CURITIBA – PARANÁ

Por

JOÃO BATISTA PEREIRA DE BARROS FILHO
RONALD MESSANY JUNIOR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 28 de agosto de 2014, pela seguinte banca de avaliação:

Prof. Orientador – Flávio Bentes Freire, Dr.
UTFPR

Prof. André Nagalli, Dr.
UTFPR

Prof. Karina Querne de Carvalho, Dra.
UTFPR

RESUMO

BARROS, João B. P; MESSANY, Ronald. **Viabilidade de reúso de águas residuárias em uma residência unifamiliar no município de Curitiba – Paraná.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso Superior de Engenharia de Produção Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

Conhecido o problema de que a maioria da água presente na Terra não é recomendada para o consumo direto, acrescido do aumento populacional evidenciado a partir da década de 50, justificam-se os estudos preventivos à escassez. Incluído nesse tema, esta pesquisa apresenta uma metodologia de abordagem do reaproveitamento das águas pluviais, cinzas e negras destacando seus potenciais de reúsos não potáveis aplicados a uma residência unifamiliar. Apresenta conceitos de tratamento e forma de reutilização das águas residuárias, com foco em sistemas de baixas vazões destinados a uma residência. Discute a viabilidade financeira através de um projeto hipotético, no qual, analisa as modificações necessárias para que haja compatibilização qualitativa e quantitativa entre as águas residuárias ofertadas e as demandas dos reúsos. Compara os custos para a implantação dos sistemas de reúsos da água pluvial, cinzas e negras, através da relação com o custo da construção da residência. Traz como resultado, a conclusão de que o sistema que mais se adequa a uma residência de médio padrão é o de reaproveitamento da água pluvial, sendo sua viabilidade discutida pela economia mensal de 9,39 m³ de água potável, caracterizando o período de retorno do investimento de aproximadamente 37 anos.

Palavras-chave: Escassez. Reúso. Águas pluviais. Águas cinzas. Águas negras.

ABSTRACT

BARROS, João B. P; MESSANY, Ronald. **Viability of the reuse wastewater in a single-family residence in the city of Curitiba - Paraná.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso Superior de Engenharia de Produção Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

Known the problem that most of water on Earth is not recommended for direct consumption, added to the population growth evidenced from the 50s, justify the preventive studies to scarcity. Included in this subject, this research presents a methodology to approach the reuse of rainwater, greywater and black water highlighting their potential for non-potable reuse applied to a single-family residence. Introduces concepts of treatment and form of reuse of the wastewater, with a focus on low flow rates intended for residence systems. Discusses the financial viability through a hypothetical project, which examines the changes necessary so that there is compatibility qualitative and quantitative between the wastewater tendered and the demands of the reuses. Compare the costs for implementation of systems reuses rainwater, gray and black, through the relationship with the cost of construction of the residence. Brings as a result, the conclusion that the system most suited to a residence is the reuse of rainwater, and its feasibility is discussed by the monthly savings of 9.39 m³ of drinking water, featuring the return period of investment of approximately 37 years.

Keywords: Scarcity. Reuse. Rainwater. Greywater. Black waters.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo urbano da água.	26
Figura 2 – Sistema de coleta da água da chuva.....	37
Figura 3 – Sistema de proteção do condutor.	38
Figura 4 – Evapotranspiração anual.	41
Figura 5 – Sistema de reúso de águas cinzas.	44
Figura 6 – Vaso sanitário separador.	45
Figura 7 – Formas potenciais de reúso de água.....	49
Figura 8 – Edifício Royal Blue.....	52
Figura 9 – Edifício Royal Blue – ETAC.	53
Figura 10 – Plantas dos pavimentos térreo e superior.....	55
Figura 11 – Elevações frontal e lateral da residência em estudo.....	56
Figura 12 – Grades para remoção de materiais grosseiros.....	60
Figura 13 – Sistema de autolimpeza ou descarte.....	65
Figura 14 – Funcionamento geral de um tanque séptico.....	73
Figura 15 – Disposição de um filtro anaeróbio.....	74
Figura 16 – Infiltração subsuperficial.....	75
Figura 17 – Detalhes do sistema de gradeamento.....	90

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição das águas na Terra.....	17
Gráfico 2 - Crescimento da população entre 1804 e 2011.	19
Gráfico 3 - Utilização da água doce no mundo.....	20
Gráfico 4 - Consumo médio de água no Brasil por habitante.....	21
Gráfico 5 - Consumo médio de água no Brasil em 1989 e 2000.....	24
Gráfico 6 - Distribuição dos recursos hídricos e da população no Brasil.....	25
Gráfico 7 - Índice de perda na distribuição das concessionárias brasileiras.	29
Gráfico 8 - Comparação da qualidade da água da chuva.	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Disponibilidade hídrica, vazões médias e de estiagem.....	18
Quadro 2 - Consumo interno em uma residência dos EUA.....	22
Quadro 3 - Distribuição do consumo de água em edificações domiciliares.....	23
Quadro 4 - Índice de atendimento de água e esgoto no Paraná.....	28
Quadro 5 - Perda estimada em aparelhos hidráulicos.....	30
Quadro 6 - Coeficiente de escoamento das superfícies de captação.....	38
Quadro 7 - Casos de reúso de águas cinzas.....	42
Quadro 8 - Conteúdo de nutrientes nas fezes e urina.....	46
Quadro 9 - Diretriz para a utilização da urina na agricultura.....	47
Quadro 10 - Compatibilização da oferta e demanda das águas residuárias.....	59
Quadro 11 - Coeficientes de rugosidade de Manning.....	61
Quadro 12 - Condutores verticais pluviais.....	62
Quadro 13 - Resultados da água de chuva tratada com filtro de areia.....	66
Quadro 14 - Frequência de manutenção.....	70
Quadro 15 - Faixas prováveis de remoção de poluentes.....	71
Quadro 16 - Classificação do gradeamento.....	71
Quadro 17 - Concentração de nutrientes para diversas culturas.....	75
Quadro 18 - Demanda de água na residência.....	77
Quadro 19 - Consumo de água da bacia sanitária.....	77
Quadro 20 - Consumo de água da máquina de lavar roupa.....	78
Quadro 21 - Volume de esgoto gerado na residência.....	78
Quadro 22 - Volume de esgoto gerado por aparelhos.....	78
Quadro 23 - Oferta de água residuária.....	79
Quadro 24 - Caracterização das águas negras.....	79
Quadro 25 - Caracterização das águas cinzas.....	80
Quadro 26 - Caracterização das águas pluviais.....	80
Quadro 27 - Quadro resumo da qualidade das águas residuárias.....	81
Quadro 28 - Compatibilização da oferta e demanda das águas residuárias.....	82
Quadro 29 - Resultados da vazão nas calhas.....	83
Quadro 30 - Determinantes para a verificação das calhas.....	83
Quadro 31 - Dimensionamento do reservatório.....	85
Quadro 32 - Tubulação de recalque e sucção.....	86
Quadro 33 - Altura manométrica.....	87
Quadro 34 - Potência motriz.....	87
Quadro 35 - Volume dos reservatórios.....	92
Quadro 36 - Tarifa de água no Paraná.....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Padrões de qualidade da água estabelecidos pela NBR 15527/07.....	36
Tabela 2 - Resumo anual das precipitações em Curitiba-PR.	40
Tabela 3 - Padrões estabelecidos em função da classe de reúso.	50
Tabela 4 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular.....	62
Tabela 5 - Dimensionamento do reservatório pelo método Rippl	63
Tabela 6 - Condutores verticais.	84
Tabela 7 - Condutores horizontais.	84
Tabela 8 - Orçamento preliminar do sistema de reaproveitamento da água pluvial.	89
Tabela 9 - Orçamento preliminar do sistema de reaproveitamento da água cinza.	93
Tabela 10 - Orçamento preliminar do sistema de reaproveitamento da água negra.	97
Tabela 11 - Orçamento completo do sistema de reaproveitamento da água pluvial.	98

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. OBJETIVO GERAL.....	14
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.3. JUSTIFICATIVA	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1. A ESCASSEZ DA ÁGUA.....	17
2.1.1. Disponibilidade e distribuição de água	17
2.1.2. Crescimento demográfico	18
2.1.3. Utilização da água doce	19
2.1.4. Consumo residencial.....	22
2.1.5. Escassez.....	23
2.2. PERDAS E DESPERDÍCIOS	26
2.2.1. Ciclo urbano da água	26
2.2.2. Sistema de saneamento público	27
2.2.3. Racionalização e desperdícios residenciais.....	29
2.3. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS	31
2.4. ÁGUA DA CHUVA.....	33
2.4.1. Histórico de utilização da água da chuva	33
2.4.2. Aproveitamento de água pluvial no Brasil	34
2.4.3. Qualidade das águas pluviais	35
2.4.4. Sistema de aproveitamento pluvial	36
2.4.4.1. Captação.....	37
2.4.4.2. Condução.....	38
2.4.4.3. Descarte da primeira chuva	39
2.4.4.4. Armazenamento.....	39
2.4.4.5. Pluviometria de Curitiba	40
2.5. ÁGUAS CINZAS.....	41
2.5.1. Qualidade das águas cinzas	43
2.5.2. Sistema de reúso das águas cinzas.....	43
2.6. ÁGUAS AMARELAS	44
2.6.1. Tratamento e qualidade das águas amarelas	46
2.7. ÁGUAS NEGRAS.....	47
2.8. REÚSO.....	48
2.9. ESTUDOS DE CASO.....	51
2.9.1. Estudo de caso - Água pluvial.....	51

2.9.2.	Estudo de caso - Águas cinzas	52
2.9.3.	Estudo de caso - Águas negras	54
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	55
3.1.	IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO DE ESTUDO.....	55
3.2.	IDENTIFICAÇÃO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA HABITAÇÃO	56
3.3.	DEMANDA DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS	57
3.4.	OFERTA DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS.....	57
3.4.1.	Águas negras e cinzas	57
3.4.2.	Água pluvial.....	58
3.5.	QUALIDADE DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS.....	58
3.6.	MODIFICAÇÕES TÉCNICAS E CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO	58
3.6.1.	Dimensionamento do sistema de reúso da água pluvial	59
3.6.1.1.	Calha.....	60
3.6.1.2.	Condutores	61
3.6.1.3.	Reservatório.....	63
3.6.1.4.	Dispositivo de auto-limpeza	64
3.6.1.5.	Tratamento.....	65
3.6.1.6.	Filtro de areia	66
3.6.1.7.	Desinfecção	67
3.6.1.8.	Sistema de bombeamento	68
3.6.1.9.	Sistema de bombeamento	70
3.6.2.	Dimensionamento do sistema de reúso das águas cinzas.....	70
3.6.2.1.	Gradeamento	71
3.6.2.2.	Tanque séptico	72
3.6.2.3.	Filtro Anaeróbio.....	73
3.6.2.4.	Filtro de Areia.....	74
3.6.2.5.	Desinfecção	74
3.6.3.	Dimensionamento do sistema de reúso das águas negras.....	74
3.6.3.1.	Tanque séptico	76
3.6.3.2.	Filtro de areia	76
3.6.3.3.	Desinfecção	76
4.	RESULTADOS	77
4.1.	DEMANDA DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS	77
4.2.	OFERTA DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS.....	77
4.2.1.	Águas negras	77
4.2.2.	Águas cinzas.....	78

4.3.	QUALIDADE DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS.....	79
4.3.1.	Águas negras	79
4.3.2.	Águas cinzas	80
4.3.3.	Água pluvial.....	80
4.4.	MODIFICAÇÕES TÉCNICAS E CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO	81
4.4.1.	Dimensionamento do sistema de reúso da água pluvial	82
4.4.1.1.	Calha.....	82
4.4.1.2.	Condutores	83
4.4.1.3.	Reservatório.....	84
4.4.1.4.	Dispositivo de autolimpeza	85
4.4.1.5.	Filtro de areia	86
4.4.1.6.	Bombeamento.....	86
4.4.1.7.	Orçamento preliminar	88
4.4.2.	Dimensionamento do sistema de reúso das águas cinzas.....	90
4.4.2.1.	Gradeamento	90
4.4.2.2.	Tanque séptico	90
4.4.2.3.	Filtro anaeróbio	91
4.4.2.4.	Filtro de areia	91
4.4.2.5.	Reservatório.....	92
4.4.2.6.	Bombeamento.....	92
4.4.2.7.	Orçamento Preliminar	92
4.4.3.	Dimensionamento do sistema de reúso das águas negras	95
4.4.3.1.	Tanque séptico	95
4.4.3.2.	Filtro de areia	95
4.4.3.3.	Reservatório.....	96
4.4.3.4.	Orçamento Preliminar	96
4.4.4.	Classificação dos sistemas de reúsos.....	97
4.4.5.	Orçamento definitivo	98
4.5.	ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA	101
5.	CONCLUSÃO	102
6.	REFERÊNCIAS	103
7.	APÊNDICES	115

1. INTRODUÇÃO

A Terra é um planeta quase todo coberto por uma massa líquida, a hidrosfera, que compreende os oceanos, os mares e as águas continentais. O volume de água na Terra está estimado em aproximadamente 1,4 bilhões de quilômetros cúbicos. Se fossem uniformemente distribuídas por toda a superfície do planeta, as águas constituiriam um único oceano de aproximadamente 3,7 mil metros de profundidade (LUCCI,1999).

O primeiro entrave relacionado à utilização da água decorre a partir da sua distribuição. A maioria da água presente na Terra não é recomendada para o consumo direto, devido a presença de impurezas, além disso, a maior parte da água doce encontra-se sob a forma de geleiras ou em locais subterrâneos, o que torna sua exploração menos viável do ponto de vista econômico. A parcela de água doce disponível na superfície, em rios e lagos, corresponde a aproximadamente 0,009% do volume total de água da terra, ou seja, 126mil quilômetros cúbicos (BOTKIN; KELLER, 2000).

De maneira simplificada, utiliza-se água doce em três principais atividades, sendo a agricultura responsável por aproximadamente 70% do recurso, enquanto as indústrias e o uso doméstico respondem a aproximadamente de 20% e 10%, respectivamente (REBOUÇAS, 2001).

O relatório da Situação da População Mundial expõe que o crescimento da população mundial é um fenômeno recente (*UNITED NATIONS POPULATION FUND*, 2011). Há 2.000 anos, a população mundial era de aproximadamente 300 milhões, sendo necessários mais de 1.600 anos para que ela duplicasse. O rápido crescimento da população mundial teve início em 1950, com redução da mortalidade nas regiões menos desenvolvidas, resultando em população estimada de 6,1 bilhões no ano de 2000, ou seja, duas vezes e meia a população de 1950. Em junho de 2013, a população mundial atingiu o 7,2 bilhões de pessoas (*ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS*, 2013). A partir do histórico período da revolução industrial, a maior parte dessa população passou a se concentrar em ambiente urbano, despertando preocupações a respeito dos recursos naturais.

O uso doméstico da água é influenciado por diversos fatores, como clima da região, topografia, renda familiar, características culturais, valor da tarifa e

desperdício. Todavia, a principal influência refere-se ao número de habitantes, ou seja, a demanda de água tende a aumentar acompanhando o crescimento populacional. Do ponto de vista quantitativo, o ciclo hidrológico indica oferta constante de água. Mas na prática, sabe-se que o problema é mais complexo. A degradação de um recurso hídrico, dependendo da magnitude, chega a inviabilizar a sua oferta como fonte de água para o sistema de abastecimento. Em resumo, a degradação da qualidade diminui a quantidade disponível, como por exemplo, o fato da captação da água ser realizada em locais cada vez mais distantes do ponto de abastecimento devido à má qualidade das águas próximas.

A percepção da impossibilidade, ou dificuldade, de renovação da qualidade da água despertou na sociedade o interesse quanto a sua forma de aproveitamento. O desperdício é composto em parte pela distribuição, falhas gerais na rede, bem como na sua utilização, desvios ilegais ou uso em excesso. No Brasil, a cada 100L de água tratada produzida, cerca de 40L não chegam aos usuários, ou não são cobrados (*INTERNATIONAL FINANCE CORPORATION*, 2011). Em relação à Companhia de Saneamento do Estado do Paraná, o índice de perdas na distribuição é de 33,1%, sendo classificada como a quarta operadora mais eficiente do país (*SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO*, 2013). No âmbito mundial, esse mesmo índice apresenta valores próximos de 10%, como é o caso da Alemanha, Japão, Nova Zelândia e Austrália (*PIECHNICKI et al.*, 2011).

Apesar das inúmeras campanhas de educação para utilização correta da água, desenvolvidas pelas companhias sanitárias, ainda constata-se negligências nas zonas urbanas, pois quando se trata da consciência humana, principalmente em questões socioambientais, sabe-se que nem sempre o resultado é significativo. Desperdícios são constantes, tanto em uso industriais quanto domésticos. Por outro lado, com o avanço tecnológico e pesquisas científicas, outro conceito entrou em evidência, a reutilização, em que lança-se mão de técnicas e equipamentos para que as águas residuárias atinjam padrão de qualidade mínimo de acordo com a atividade em que ela será utilizada.

Dando sequência a mudança comportamental relacionada à conscientização do uso da água, este trabalho propõe a análise qualitativa e quantitativa das águas residuárias de uma residência unifamiliar, a fim de verificar a viabilidade de reutilizá-las para fins não potáveis.

1.1. OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral analisar a viabilidade de reutilização das águas residuárias (cinzas, pluviais e negras) de uma residência unifamiliar na zona urbana do município de Curitiba, considerando aspectos técnicos e financeiros.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para que seja possível estudar a viabilidade da reutilização das águas residuárias, tem-se como os seguintes objetivos específicos:

- Definir as formas de reúso não potável e estabelecer demandas e qualidade requerida;
- Identificar as águas residuárias da habitação, estimando a quantidade e a qualidade provável;
- Compatibilizar oferta das águas residuárias da habitação e a demanda dos reúsos não potáveis, do ponto de vista quantitativo e qualitativo;
- Estabelecer e dimensionar os requisitos técnicos para que a oferta das águas residuárias seja compatível à qualidade exigida pelo reúso;
- Classificar o potencial de reúso;
- Avaliar a viabilidade financeira.

1.3. JUSTIFICATIVA

O crescimento populacional pós-revolução industrial foi responsável pelo aumento do consumo de água em todo o planeta. Mancuso e Santos (2003) citam que em 2003 existiam 26 países que abrigavam 262 milhões de pessoas e que se enquadravam na categoria de áreas com escassez de água. Apesar do Brasil não se encaixar nessa lista e possuir elevado volume de recursos hídricos, o país já enfrenta problemas de abastecimento em locais com grande densidade demográfica, um exemplo foi a multa aplicada à Companhia Sanitária de São Paulo (SABESP), em janeiro de 2014, devido às falhas de abastecimento de água em Guarujá-SP (VALOR ECONÔMICO, 2014).

De acordo com o Manual de Projeto Hidrossanitário (COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ, 2008), a média do consumo diário de água em uma residência de padrão popular é de 100 L/hab.dia. Tsutiya (2005) afirma que esse valor pode sofrer variações entre 50 L/hab.dia e 600L/hab.dia, justificadas principalmente pelas mudanças climáticas e desperdícios domiciliar.

A captação de água das chuvas para utilização não potável é uma forma de suprir a demanda de água em uma residência. Segundo Zolet (2005) essa prática pode reduzir em até 50% o consumo de água potável. O município de Curitiba possui elevado potencial de aproveitamento de água pluvial, visto que a média anual de precipitação, entre os anos 2005 e 2012, foi de 1450,5 mm (INSTITUTO DE ÁGUAS DO PARANÁ, 2014).

Curitiba possui como principal manancial de abastecimento a bacia do Iguaçu, localizada na Serra do Mar. Andreoli *et al.* (2000) apresentam dois cenários da manutenção da disponibilidade hídrica projetando crescimentos populacionais máximos e mínimos. Os autores apresentam que na ausência de ações de conservação e reutilização de águas residuárias, a reserva hídrica de abastecimentos se esgotará entre os anos de 2030 e 2035 para projeção máxima de crescimento populacional e entre 2035 e 2040 para projeção mínima.

Como reação a essas projeções de escassez, a Prefeitura Municipal de Curitiba sancionou a Lei nº 10785, de 18/09/2003, na qual instituiu o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações (PURA). Com o intuito de sensibilizar os curitibanos sobre a importância da conservação dos recursos

hídricos, no PURAE são previstas medidas que induzam a conservação da água. A regulamentação dessa Lei se deu em 2006 através do Decreto nº 293, no qual tornaram-se obrigatórios captação, armazenamento e utilização das águas pluviais para novas edificações. Também como complemento ao PURAE, no Decreto nº 212, de 29/03/2007, foi estabelecido novo Regulamento de Edificações do Município de Curitiba no qual são relacionadas às exigências para cada tipo de uso das edificações.

Ao contrário da atenção dedicada à empreendimentos de maior porte (GONÇALVES, 2006), ainda são escassos os estudos que avaliem a viabilidade de reutilização de águas residuárias em residências.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. A ESCASSEZ DA ÁGUA

2.1.1. Disponibilidade e distribuição de água

A explicação que se dá ao observar do espaço que o planeta Terra é azul, é que quase toda a superfície terrestre está coberta por água: água dos oceanos, água dos rios e lagos, arroios e sangas. Estima-se o volume de 1.370.000.000 km³ de água é constituída basicamente de dois tipos: água salgada dos mares e água doce presente em rios, lagos, solos, geleiras e em forma de vapor na atmosfera (VICTORINO, 2007).

No mundo, 97,5% da água é salgada, ou seja, apenas 2,5% de um total de 1,37 bilhões de km³ correspondem à água doce. Porém, desse volume de água doce, 68,9% encontra-se congelada nas calotas polares, do Ártico, Antártida e nas regiões montanhosas; e 29,9% distribuída nos lençóis profundos. Somente 0,266% de água doce representa todo o volume dos lagos, rios e reservatórios (TOMAZ, 2009). No Gráfico 1 são apresentados dados da parcela de água doce presente na distribuição total de água da Terra.

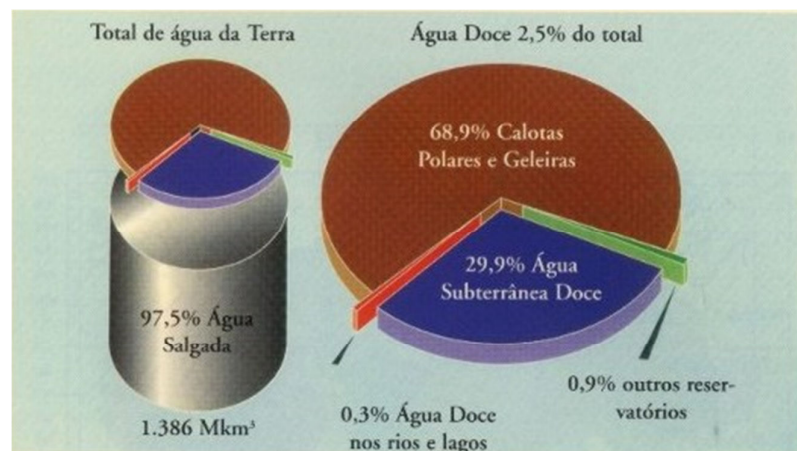


Gráfico 1 - Distribuição das águas na Terra.
Fonte: Adaptado de Rebouças, 2001.

Os rios em território brasileiro possuem vazão média anual de 179mil m³/s, correspondendo a aproximadamente 12% da disponibilidade mundial de recursos hídricos (1,5 milhão de m³/s), sendo que a região hidrográfica Amazônica detém

73,6% dos recursos hídricos superficiais do Brasil, ou seja, a vazão média desta região é quase três vezes maior que a soma das vazões das demais regiões hidrográficas (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2007). Tucci *et al.* (2001) citam que os recursos hídricos superficiais gerados no Brasil representam 50% do total dos recursos da América do Sul. A disponibilidade hídrica de cada região hidrográfica brasileira é apresentada no Quarto 1.

Região Hidrográfica	Vazão média ¹ (m ³ /s)	Disponibilidade hídrica (m ³ /s)	Estiagem - Q95 (m ³ /s)
Amazônica	132.145	73.748	73.748
Tocantins-Araguaia	13.799	5.447	2.696
Atlântico Nordeste Ocidental	2.608	320	320
Parnaíba	767	379	294
Atlântico Nordeste Oriental	774	91	32
São Francisco	2.846	1886	852
Atlântico Leste	1.484	305	252
Atlântico Sudeste	3.162	1109	986
Atlântico Sul	4.055	647	647
Paraná	11.414	5792	3.901
Uruguai	4.103	565	394
Paraguai	2.359	782	782
Brasil	179.516	91.071	84.904

Quadro 1- Disponibilidade hídrica, vazões médias e de estiagem.

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas, 2007.

2.1.2. Crescimento demográfico

Martins (2010) entende que o rápido crescimento demográfico é um fenômeno relativamente recente na história da humanidade. Estima-se que cerca de 2000 anos, a população mundial era de aproximadamente 300 milhões de habitantes e passaram-se mais de 1600 anos para que a população do mundo dobrasse para 600 milhões de indivíduos.

O crescimento da população mundial teve início em 1950, com reduções de mortalidade nas regiões menos desenvolvidas, resultando em população estimada de 6,1 bilhões no ano de 2000, ou seja, duas vezes e meia a população de 1950. Em junho de 2013, a população mundial atingiu 7,2 bilhões de pessoas (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2013), e estima-se que ao final do século XXI a população mundial chegará a 10 bilhões de habitantes (DIVISÃO DE POPULAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E ASSUNTOS SOCIAIS DAS

NAÇÕES UNIDAS, 2010). A evolução do aumento da população mundial entre 1804 e 2011 é apresentada no Gráfico 2.

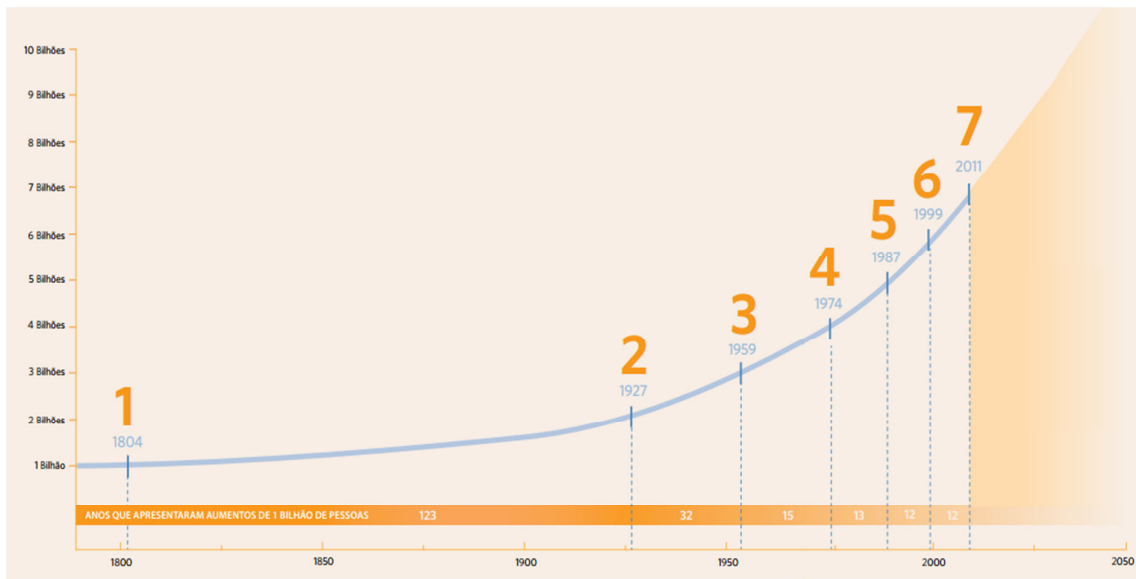


Gráfico 2 - Crescimento da população entre 1804 e 2011.

Fonte: Adaptado de Divisão de População do Departamento de Economia e Assuntos Sociais das Nações Unidas.

Cerca de metade da humanidade vive hoje em cidades. Populações urbanas cresceram de 750 milhões em 1950 para 3,6 bilhões em 2011. Até 2030, quase 60% da população mundial viverá em áreas urbanas (DEPARTAMENTO DE INFORMAÇÃO PÚBLICA DAS NAÇÕES UNIDAS, 2012). Moraes e Jordão (2002) afirmam que os crescimentos rápidos da população urbana e da industrialização estão submetendo os recursos hídricos e a capacidade de proteção ambiental de muitas cidades a graves pressões. A proporção de grandes aglomerações urbanas está localizada em torno de estuários e em zonas costeiras. Essa situação leva à poluição pela descarga de resíduos municipais e industriais combinada com a exploração excessiva dos recursos hídricos disponíveis, ameaçando o meio ambiente marinho e o abastecimento de água doce.

2.1.3. Utilização da água doce

O uso racional da água diz respeito as mais diversas atividades antrópicas e por isso possui caráter interdisciplinar. Pensar o uso da água significa identificar a oferta deste recurso, e então delimitar as prioridades e formas do seu uso e

aplicação, garantindo quantidade e qualidade deste bem na “devolução à natureza”, possibilitando manutenção do seu ciclo e, conseqüentemente, a preservação desse bem natural (JÚNIOR *et al.*, 2013).

Ao observar historicamente a demanda da água, pode-se concluir que essa variou diretamente com crescimento demográfico observado a partir do século XIX, devido ao período da Revolução Industrial. Santin e Goellner (2013) ressaltam que, no início da década de 60, houve considerável acréscimo no uso da água na agricultura, principalmente para irrigação, na criação de suínos, aves e dessedentação de animais. Além da agricultura, a água é utilizada em todos os segmentos da sociedade incluindo a irrigação, utilização doméstica, navegação, industrial, mineração, esgotos sanitários, geração de energia, pesca, recreação e turismo (PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO, 2006).

A irrigação corresponde em média a 73% do consumo de água no mundo, enquanto 21% são utilizados na indústria e 6% destinado ao consumo doméstico (HESPANHOL, 2002). A utilização da água doce presente nos continentes, distinguindo os consumos das áreas doméstica, industrial e da agricultura, é caracterizada no Gráfico 3.

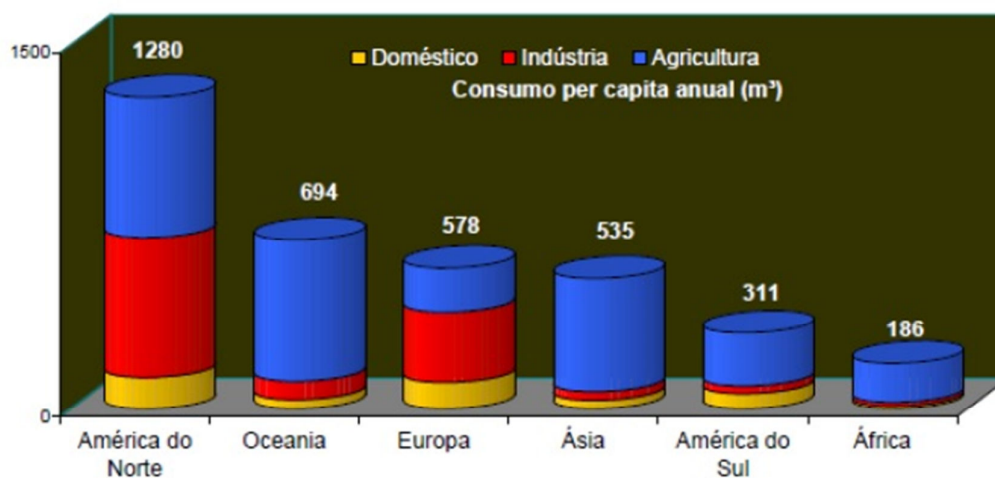


Gráfico 3 - Utilização da água doce no mundo.
Fonte: Rebouças, 2001.

Mieli (2001) cita os seguintes fatores que influenciam o consumo de água: região, diferenças do clima, diferenças nos usos domésticos, comerciais e industriais, tamanho da casa, tamanho da propriedade, uso público, idade e condição do sistema da distribuição.

No Brasil, país de extensão continental, o consumo varia principalmente de acordo com a região, devido às variações climáticas, culturais e a má qualidade de distribuição no sistema de saneamento. Guimarães *et al.* (2007) definem o consumo *per capita* de uma comunidade como sendo a divisão do consumo de água por dia pelo o número total da população servida. Apesar do valor meta de fornecimento de água tratada para 2005 ser de 40L/hab.dia (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1992), Curitiba apresenta o consumo *per capita* médio de 138L/hab.dia (COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ, 2010). O consumo diário *per capita* de água nas regiões do Brasil é explícito no Gráfico 4.

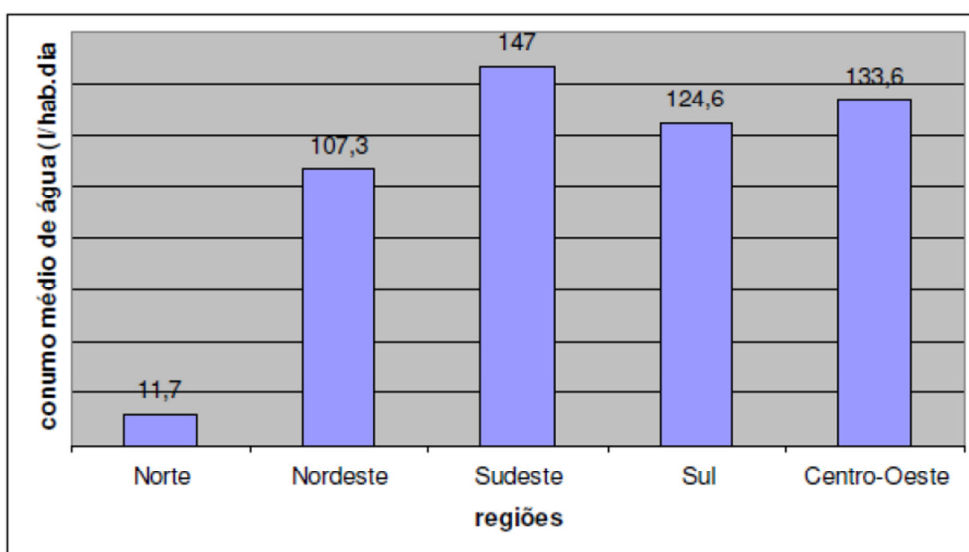


Gráfico 4- Consumo médio de água no Brasil por habitante.

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

Tomaz (2000) divide o consumo da água doce em três grupos:

- Consumo residencial: referente às residências unifamiliares e edifícios multi familiares;
- Consumo comercial: referente a qualquer tipo de edificação utilizada para a prática de comércio;
- Consumo público: referente aos edifícios públicos, ou seja, escolas, unidades de saúde, parques, entre outros.

2.1.4. Consumo residencial

No âmbito urbano, a principal parcela do consumo de água é oriunda das residências familiares, correspondendo a valores acima da metade do consumo total das áreas urbanas. Cidades com alto índice demográfico como São Paulo e Vitória, possuem consumo de água residencial correspondente a 84,4% e 85%, respectivamente, do consumo total urbano (LIMA, 2010).

Entende-se como premissa para utilização de medidas racionalizadoras o conhecimento da desagregação da água, ou seja, os seus consumos específicos que ocorrem nos diversos pontos de utilização em uma residência. Além dos fatores que influenciam o consumo de água em termos gerais, o Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (2006) complementa que a renda familiar, número de habitantes da residência, desperdício domiciliar e valor da tarifa, são aspectos modificadores do consumo de água em uma residência.

O consumo de água residencial inclui o uso interno e o uso externo nas residências. Em edificações residenciais, os usos de água internos distribuem-se em atividades de higiene pessoal, descarga de banheiro, consumo e limpeza; enquanto que os externos ocorrem devido à irrigação, piscinas, lavagem de veículos e pisos, entre outros (BAZZARELLA, 2005).

A partir da década de 90, diversos estudos relacionados à desagregação da água foram publicados. Nos Estados Unidos, a bacia sanitária demanda 35% da água do consumo interno de uma residência, sendo que o segundo maior consumo é na lavagem de roupas, que corresponde a 22% do consumo residencial, conforme apresentado no Quadro 2 (TOMAZ, 2000).

Consumo Interno em uma residência	Parcela do consumo
Bacia Sanitária	35%
Lavagem de Roupa	22%
Chuveiros	18%
Torneiras	13%
Banhos	10%
Lavagem de Pratos	2%
Total	100%

Quadro 2- Consumo interno em uma residência dos EUA.
Fonte: Adaptado de Tomaz (2000).

Hafner (2007) e Viola (2008) publicaram que o banheiro é o ponto de maior consumo de água, independentemente do local onde se encontra a habitação, correspondendo a mais da metade do consumo de água nas residências, conforme apresentado no Quadro 3.

Setor da Residência	Prédio Usp (BRASIL)	(Mieli, 2001)	Alemanha (Rudolph e Block, 2001)
Banheiro	63%	68%	69%
Bacia sanitária	29%	35%	30%
Lavatório	6%	6%	4%
Chuveiro	28%	27%	35%
Banheira	-	-	-
Cozinha	22%	18%	11%
Pia de cozinha	17%	18%	4%
Máquina de lavar louça	5%		7%
Área de Serviço	15%	11%	13%
Máquina de lavar roupa	9%	7%	13%
Tanque	6%	4%	-
Torneira	-	-	-
Limpeza	-	-	-
Outros	-	3%	7%
Outros	-	-	-
Rega de jardins	-	3%	7%
Lavagem de carros	-		
Vazamentos	-	-	-

Quadro 3- Distribuição do consumo de água em edificações domiciliares.
Fonte: Adaptado de Viola, 2008 e Hafner 2007.

2.1.5. Escassez

Dornellas e Campos (2006) afirmam que população mundial duplicou nos últimos sessenta anos, enquanto o consumo de água multiplicou-se por sete, tornando a palavra escassez cada vez mais pronunciada quando o tema principal é o recurso ambiental. O aumento populacional, conseqüentemente a crescente demanda de água doce, e a poluição fazem com que este recurso e sua disponibilidade se encontrem em níveis preocupantes. Em 2005, 1,1 bilhão de pessoas não dispunham de água potável segura para uso doméstico e 2,6 bilhões não tinham acesso ao saneamento básico (*WORLD HEALTH ORGANIZATION*,

2005). Hoje, a escassez de água afeta quase todos os continentes e mais de 40% das pessoas no planeta. Ao projetar perspectivas futuras, com as tendências atuais, 1,8 bilhão de pessoas estarão vivendo em países ou regiões com escassez absoluta de água em 2025 (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA, 2013).

Além do aumento da população mundial, há outro agravante com relação à demanda de água, o consumo por habitante vem crescendo ao longo dos anos. No Gráfico 5 é possível observar que entre 1989 e 2000, a demanda de água no Brasil aumentou em 30%, crescimento superior à expansão da população. O volume distribuído, durante o mesmo período, passou de 200 para 260 L/hab.dia (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2002).

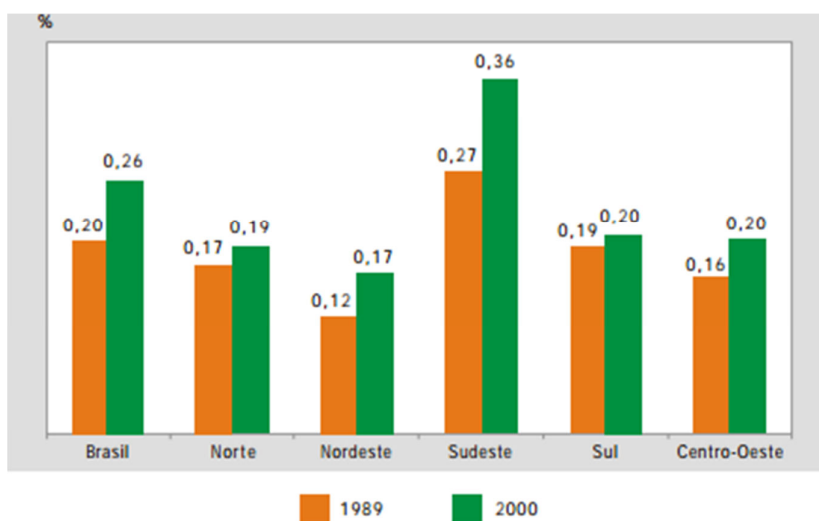


Gráfico 5- Consumo médio de água no Brasil em 1989 e 2000.
Fonte: IBGE (2002).

A escassez de água em regiões urbanas não só afeta diretamente a população como limita a atividade econômica, retardando o desenvolvimento. Várias cidades brasileiras encontram-se nessa realidade, na qual o abastecimento é ameaçado por problemas relacionados com quantidade e qualidade (VIOLA 2008).

Viola (2008) relembra que em 2001, a população brasileira vivenciou um momento crítico de racionamento de energia devido aos baixos níveis dos reservatórios hidrelétricos. Estima-se que a economia de água pode reduzir o consumo de energia em até duas vezes. Inicialmente, há decréscimo de energia gasta nos processos de captação, adução, tratamento e distribuição de água

potável, e posteriormente, a menor demanda permitiria que as hidrelétricas mantivessem seus reservatórios mais cheios no período de estiagem.

Desde 1950, terras secas aumentaram quase 2% em todo o mundo por década. As secas têm afetado principalmente as regiões do Chifre da África e do Sahel, EUA, México, Brasil, partes da China e da Índia, Rússia e o sudeste da Europa. Além disso, 168 países afirmam ser afetados pela desertificação, um processo de degradação do solo, que afeta a produção de alimentos, e é agravado pela seca. Desde 1900, mais de 11 milhões de pessoas morreram e outros 2 bilhões foram afetadas por secas (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2013).

Borsoi e Torres (2006) resumem que o problema da escassez de água no Brasil está associado às baixas disponibilidades específicas no Nordeste e a altas densidades demográficas nas regiões Sudeste e Sul. Os conflitos estão situados em áreas de grande densidade demográfica e intensa concentração industrial, regiões Sudeste e Sul. Nessas regiões, a poluição dos recursos hídricos é mais grave, aumentando significativamente os custos para tratamento da água. A escassez de recursos hídricos também aumenta os custos de captação de água, pois os mananciais estão cada vez mais distantes dos centros urbanos ou é necessária a exploração de fontes alternativas. De acordo com o Gráfico 6, é possível comparar os recursos hídricos disponíveis e o número de habitantes das cinco regiões brasileiras.

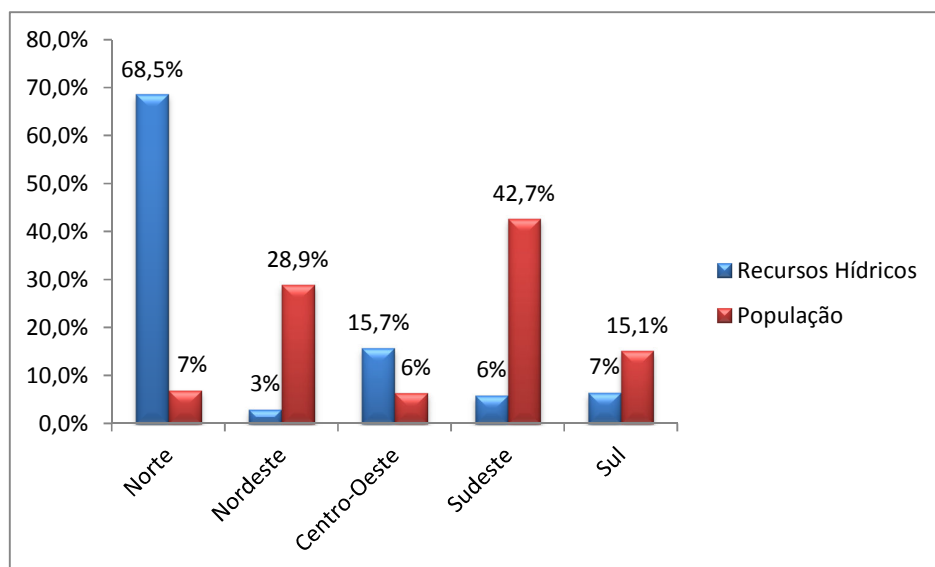


Gráfico 6- Distribuição dos recursos hídricos e da população no Brasil.

Fonte: Adaptado de Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (2002).

2.2. PERDAS E DESPERDÍCIOS

2.2.1. Ciclo urbano da água

Speers e Michthcell (2000) definem ciclo urbano da água como sendo um ciclo inscrito no universo natural das águas, originado através das intervenções humanas que acontecem dentro das cidades.

O Ciclo Urbano da Água tem início na captação da água nos mananciais, adução da água bruta, passando por tratamentos adequados em uma estação de Tratamento de Água (ETA), para poder ser distribuída na rede de abastecimento humano. Na sequência, a água potável é utilizada e, conseqüentemente, descartada como águas residuárias. Posteriormente, o efluente é coletado e destinado para tratamento nas Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE), até obter carga poluente adequada para ser lançado no corpo receptor, encerrando o ciclo (CARNEIRO, 2007).

Incluído no ciclo urbano da água, existe, ainda, o sistema de drenagem, no qual, deve-se considerar o manejo de águas pluviais. Tal sistema visa adequar a precipitação e o escoamento ao meio físico criado pela ocupação urbana, incluindo a prevenção ou mitigação de danos causados por inundações, bem como a manutenção de condições adequadas aos ecossistemas aquáticos e outros a eles associados (PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO, 2006). O ciclo urbano da água é ilustrado na Figura 1.

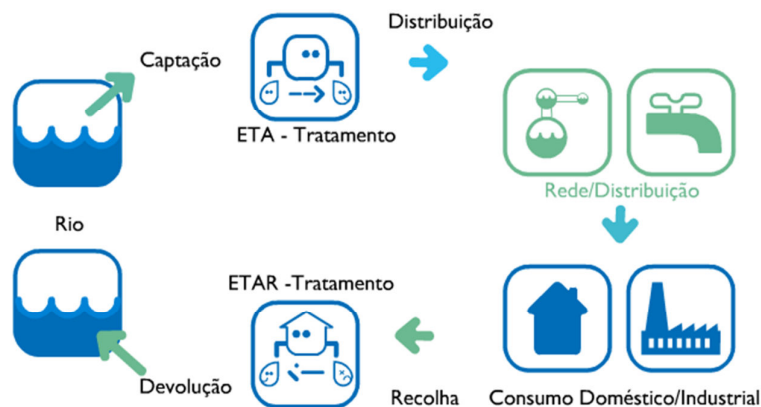


Figura 1 - Ciclo urbano da água.
Fonte: Águas de Portugal (ADP), 2014.

2.2.2. Sistema de saneamento público

O Brasil possui 75,3% de seus municípios servidos por sistemas de abastecimento de água, sendo que a prestação dos serviços está centralizada em 25 concessionárias estaduais e sociedades de economia mista, o restante dos municípios são atendidos por empresas municipais autônomas. Estima-se que aproximadamente 94,3% da população é atendida pelo abastecimento de água. A taxa de crescimento de novas ligações de água e de esgotos, em 2002, foi de 8,4% e 15,9%, respectivamente. O consumo per capita de água no país varia entre 67 e 192L/hab.dia (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO, 2005 apud TROJAN, 2005).

Além da necessidade de estender esse serviço a 5,7% da população remanescente, é preciso investir muito para melhorar a sua qualidade, que apresenta notáveis deficiências (VARGAS; LIMA, 2004).

No Brasil, hoje, de cada dez litros de água que saem das estações de tratamento, quatro, em média, não produzem receitas para as companhias de saneamento. São as chamadas perdas de faturamento, físicas e não-físicas, que, conforme o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2003), representam cerca de R\$ 2,5 bilhões/ano.

Vargas e Lima (2004) ressaltam que essas intermitências no abastecimento provocam riscos à saúde e contribui para a deterioração precoce das redes, além de que o alto índice médio de perda expressa um padrão ineficiente e perdulário de uso de um recurso natural estratégico em desacordo com os princípios do desenvolvimento sustentável.

Os dados são piores quando se trata do sistema de esgotamento sanitário, pois cerca de 63 milhões de brasileiros, ou 46% da população urbana, não possuem o domicílio conectado às redes coletoras de esgotos, além disso, somente 35% dos esgotos coletados no país recebem algum tipo de tratamento, enquanto o restante é despejado "*in natura*" nos corpos d'água superficiais que banham o país (DOWBOR; TAGNIN, 2005).

Em Curitiba, a prestação dos serviços de saneamento é de responsabilidade da Companhia de Saneamento do Paraná. Criada em 1963, através da Lei nº 4684/63, a SANEPAR possui 60% da composição acionária destinada ao Estado do

Paraná, 39,7% ao Grupo Dominó Holdings e 0,3% aos demais investidores. Apresentado no Relatório de administração e demonstrações contábeis de 2012, a companhia mantém 100% da população, em sua área de atuação, atendida com rede de água tratada e 62,1%, 6,3milhões de pessoas, da população atendida com coleta e tratamento de esgoto (COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ, 2012). Os índices de atendimento de água e esgoto no Paraná, entre 2004 e 2012 são apresentados no Quadro 4.

Ano	População atendida com rede de água	População atendida com rede de esgoto
2004	98,80%	45,30%
2005	98,50%	47,10%
2006	98,60%	48,70%
2007	99,00%	51,50%
2008	100,00%	58,00%
2009	100,00%	60,40%
2010	100,00%	62,10%
2011	100,00%	63,20%
2012	100,00%	62,10%

Quadro 4- Índice de atendimento de água e esgoto no Paraná.
Fonte: Relatório de Administração e Demonstrações Contábeis da SANEPAR, 2012.

De acordo com Hirner *et al.* (1999) a quantidade de água perdida é um importante indicador da eficiência de uma empresa de abastecimento, tanto em termos absolutos num dado momento, como em termos de tendência ao longo dos anos. Altos volumes de perda de água anuais servem como indicador de ineficiência no planejamento e construção, bem como demonstram a deficiência em nível de manutenção e de operação do sistema.

Para explicar a existência de perdas de água em patamares acima do aceitável, algumas hipóteses podem ser levantadas, tais como: falhas na detecção de vazamentos; redes de distribuição funcionando com pressões muito altas; problemas na qualidade da operação dos sistemas; dificuldades no controle das ligações clandestinas e na aferição/calibração dos hidrômetros; ausência de programa de monitoramento de perdas; dentre outras hipóteses. A redução das perdas de 45% para 25% nas empresas de saneamento brasileiras resultaria na disponibilização de recursos da ordem de R\$ 1,0 bilhão/ano (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO, 2003).

No caso da Companhia Paranaense de Saneamento, o índice que faz a comparação entre o volume de água disponibilizado para distribuição e o volume consumido é de 33,1% (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO, 2013). Os índices de perda na distribuição das concessionárias de saneamento brasileiras são exibidos no Gráfico 7.

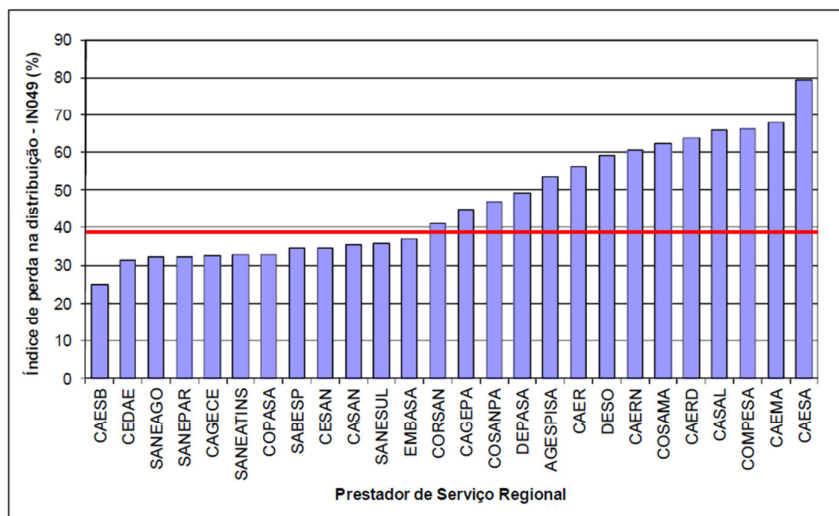


Gráfico 7- Índice de perda na distribuição das concessionárias brasileiras.

Fonte: Sistema nacional de informações sobre saneamento, 2013.

2.2.3. Racionalização e desperdícios residenciais

Define-se racionalização do consumo de água qualquer ação que reduza a quantidade de água retirada dos mananciais, o desperdício ou perdas e que promova a eficiência de seu uso nas atividades demandantes, ou seja, otimização do consumo e manutenção da quantidade e qualidade (WATER USE AND CONSERVATION BUREAU, 1999)

A conservação da água pode ser tratada como um conjunto de ações que propiciam a economia de água, seja nos mananciais, seja no sistema público de abastecimento ou nas habitações residenciais. No que se refere ao cenário das residências, as ações de uso racional são basicamente de combate ao desperdício quantitativo, como o incentivo à adoção de medição individualizada, os programas de conscientização ao uso da água, a detecção e controle de perdas de água no sistema predial e a utilização de aparelhos mitigadores de água (SANTOS, 2002).

Aoyama *et al.* (2007) salientam que a conscientização de um usuário na prática do banho reduz em 20% o total de água consumida. Estimam-se, ainda, os

seguintes desperdícios: 13% para escovar os dentes; 2% ao lavar as mãos; e 3% ao lavar o rosto.

Pedroso e Ilha (2003) publicaram um estudo que comprova que o consumo mensal de água após conserto de vazamento em um hospital e em uma escola foi reduzido em, respectivamente, 28,4% e 94%. Ainda no mesmo estudo, a utilização de aparelhos mitigadores de água resultou em uma redução do consumo mensal de 15,3% no hospital e 8,9% na escola, respectivamente.

Segundo Aguiar (2008), quando se trata de desperdício, os vazamentos provocados pelos aparelhos sanitários são bastante representativos, conforme valores estimados no Quadro 5.

Aparelho/equipamento	Tipo de Vazamento	Perda estimada
Torneiras (de lavatório, pia, de uso geral)	Gotejamento lento	6 a 10 litros/dia
	Gotejamento médio	10 a 20 litros/dia
	Gotejamento rápido	20 a 32 litros/dia
	Gotejamento muito rápido	> 32 litros/dia
	Filete Ø 2 mm	>114 litros/dia
	Filete Ø 4 mm	>333 litros/dia
	Vazamento no flexível	0,86 litros/dia
Mictório	Filetes visíveis	114 litros/dia
	Vazamento no flexível	0,86 litros/dia
	Vazamento no registro	0,86 litros/dia
Bacia sanitária com válvula de descarga	Filetes visíveis	144 litros/dia
	Vazamento no tubo de alimentação da louça	144 litros/dia
	Válvula disparada quando acionada	40,8 litros (supondo que a válvula esteja aberta por um período de 30 seg. a uma vazão de 1,6 litros/seg.)
Chuveiro	Vazamento no registro	0,86 litros/dia
	Vazamento no tubo de alimentação da parede	0,86 litros/dia

Quadro 5- Perda estimada em aparelhos hidráulicos.

Fonte: AGUIAR, 2008.

2.3. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS

A qualidade da água é mensurável de acordo com a quantidade de impurezas que contém e representada através de diversos parâmetros que traduzem suas principais características físicas, químicas e biológicas.

Os parâmetros físicos estão diretamente relacionados com a presença de sólidos. Sperling (2005) define e destaca como principais parâmetros:

- Cor: Relacionada à quantidade de material dissolvido da decomposição da matéria orgânica, resíduos industriais e domésticos, não representa risco direto à saúde pública, no entanto, águas com cores mais escuras possuem sua confiabilidade questionada;
- Turbidez: Causada por sólidos em suspensão, representa a dificuldade que a luz possui para atravessar a água, acarretando uma aparência turva. Em corpos d'água, reduzem a penetração de luz solar, prejudicando a fotossíntese e quantidade de oxigênio dissolvida no ambiente;
- Sabor e Odor: Parâmetros organolépticos que refletem a maior causa de reclamações dos consumidores finais;
- Temperatura: Representa a medida da intensidade de calor. Temperaturas elevadas aumentam a taxa de reações físicas, químicas e biológicas, além de diminuir a solubilidade de gases, como o oxigênio;
- Condutividade: Utilizada como medida indireta para medir a quantidade de sólidos dissolvidos, principalmente sais, é definida como a capacidade da água em transmitir a corrente elétrica.

Dentre os parâmetros químicos, Hagemann (2009) destaca:

- pH: Conceituado como o potencial hidrogeniônico, representa a concentração de íons hidrogênio H^+ , em escala antilogarítmica. A alteração do valor do pH, dentro de sua faixa de variação de 0 a 14, é causada principalmente por sólidos e gases dissolvidos. Utilizadas para a caracterização das águas brutas e tratadas, pHs baixo indicam que a água possui comportamento ácido, com elevado potencial de corrosividade e pHs altos, conferem à água comportamento básico, com a possibilidade de incrustações nas tubulações;

- Alcalinidade: Medida da quantidade de íons presente na água, que reagirão para neutralizar os ácidos. Dentre os principais constituintes destacam-se sólidos dissolvidos na forma de carbonatos (CO_3^{2-}), bicarbonatos (HCO_3^-) e hidróxidos (OH^-);
- Dureza: Representa a concentração de cátions multimetálicos em solução. Águas duras possuem redução na formação de espumas e causam incrustação em tubulações de água quente;
- Cloretos: Resultantes da dissolução de sais, em concentrações altas, pode conferir sabor salgado à água;
- Ferro e Manganês: Originados da dissolução de compostos do solo, possuem pouco significado sanitário, no entanto, alteram a cor da água e podem causar manchas se usadas para lavagem de roupas;
- Nitrogênio: O nitrogênio encontra-se na água sob a forma de nitrogênio molecular (N_2), orgânico (dissolvido ou em solução), amônia (NH_3), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) a forma predominante do nitrogênio encontrada na água auxilia no conhecimento do grau de poluição. Em casos onde encontram-se preponderantemente nitrato, a poluição é remota, enquanto ocasiões em que existem mais nitrogênio orgânico ou amônia, a poluição é recente.
- Sulfatos: A presença de íons sulfatos é considerada um indicador de poluição para uma das fases da decomposição da matéria orgânica.
- Matéria Orgânica: Quantificada, indiretamente, através do consumo de oxigênio dissolvido na água através da DBO, demanda bioquímica de oxigênio, e DQO, demanda química de oxigênio, são parâmetros de grande importância na caracterização do grau de poluição da água. São quantificados também, os parâmetros microbióticos, ou seja, indicadores da presença de microrganismos patogênicos (XAVIER, 2010). Os principais são:
 - Coliformes Totais: A presença de coliformes é utilizada como indicadores de contaminação, apesar de não patogênicos, sugerem a possibilidade de organismos patogênicos;
 - Coliformes Termotolerantes: Originado principalmente do intestino por fezes.

2.4. ÁGUA DA CHUVA

O crescimento populacional concentrado principalmente nas grandes metrópoles fez com que as áreas permeáveis fossem substituídas pelas pavimentações, no qual dificulta a penetração da água no solo, influenciando o ciclo hidrológico. É cada vez mais comum a ocorrência de enchentes, alagamentos, e catástrofes atingindo grande parte da população. A difusão do conceito da captação e reutilização da água da chuva, além de auxiliar a racionalização do recurso, também é uma solução para os problemas de drenagem dos sistemas hidráulicos urbanos.

2.4.1. Histórico de utilização da água da chuva

A utilização de fontes alternativas para a captação de água, com o passar dos anos, mostra-se como uma boa estratégia para amenizar os problemas de escassez, bem como diminuir a demanda por água potável. No entanto, apesar de parecer um conceito difundido a pouco tempo, após a constatação que a falta de água é um problema iminente, a reutilização de águas pluviais acontece a muitos anos.

Na ilha de Creta, na Grécia, podem ser vistos muitos reservatórios com o objetivo do aproveitamento da água da chuva para o consumo, escavados em pedras, e datados antes de 3000 a.C. (TOMAZ, 2009).

Os Maias, Incas e Astecas, civilizações pré-colombianas, responsáveis por estabelecer algumas características e marcas nas populações americanas atuais, também fizeram grande uso das águas pluviais (ALVES, 2010).

Em 1703, Philippe La Hire, matemático e astrônomo francês, criou equipamentos para filtrar a areia e armazenar águas das chuvas, em Paris, para o uso em residências (JAQUES, 2005).

Na Alemanha, desde a década de 1980, as águas pluviais são utilizadas na irrigação de jardins, descarga de bacias sanitárias, máquinas de lavar e em demais usos não potáveis no comércio e na indústria. O primeiro estado alemão a instalar sistemas de aproveitamento da água das chuvas foi Hamburgo, 288 km a noroeste da capital Berlim. Nesta cidade é concedido até US\$ 2.000,00 aos habitantes que

fizessem utilização da água das chuvas, auxiliando, também, para conter picos de enchentes (TOMAZ, 2009).

2.4.2. Aproveitamento de água pluvial no Brasil

No Brasil, até 1930, parte da população possuía em suas casas reservatórios para o armazenamento e utilização das águas pluviais, no entanto, essa iniciativa tornou-se ultrapassada a partir das construções de redes de abastecimento (REBELLO, 2004).

Em Fernando de Noronha, ilha pertencente ao estado de Pernambuco, não existe, desde 1943, rede de distribuição de água, sendo parte do abastecimento da população suprido a partir da água da chuva (PETERS, 2006).

O Código das Águas, Decreto nº 24.643 de julho de 1934, e alterado pelo Decreto nº 852 de novembro de 1938, é o cerne da legislação brasileira de recursos hídricos (ALVES, 2010). A Política Nacional de Recursos Hídricos foi instituída pela lei nº 9.433, em 8 de janeiro de 1997.

A Lei nº 10.785, de 18 de setembro de 2003, criou, em Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água das Edificações (PURA), que objetiva a conservação e racionalização da água potável e o emprego de fontes alternativas nas novas edificações, como a captação, armazenamento e utilização da água da chuva em usos menos nobres. A lei cita, ainda, o uso de hidrômetros individuais e aparelhos mitigadores como ações de conservação e uso racional em projetos sustentáveis de novas edificações (HAGEMANN, 2009).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o foro nacional de normalização. Em março de 2008 entrou em vigor a ABNT NBR 15527/07, criada em setembro de 2007, que regulamenta projetos cujo escopo seja o aproveitamento de águas pluviais, para fins não potáveis, de coberturas em áreas urbanas (ALVES, 2010).

2.4.3. Qualidade das águas pluviais

A qualidade da água destinada ao consumo humano é regulada pelo Decreto de Lei nº 243/2001 de 5 de Setembro, em que são estabelecidos parâmetros para avaliação.

A qualidade das águas pluviais está diretamente relacionada com a qualidade do ar. De maneira geral, em grandes centros urbanos, próximos às indústrias e tráfego intenso, a contaminação da atmosfera é maior. Dependendo de onde é coletada, as águas pluviais podem possuir diversas substâncias químicas dissolvidas e materiais particulados, prejudiciais à saúde humana, que inviabilizam seu aproveitamento (PHILIPPI *et al.*, 2005).

De acordo com Peters (2006), entre os fatores que influenciam a qualidade da água pluvial destacam-se: localização geográfica (região rural ou urbana); proximidade do oceano; presença de vegetação; condições meteorológicas (regime de ventos) e estações do ano.

Após a eliminação dos primeiros milímetros de precipitação, a qualidade da água melhora substancialmente, é o que demonstra o resultado do trabalho de Anecchini (2005), que separou os três primeiros milímetros de precipitação e o acumulado da chuva restante ocorrida, em Vitória – ES. É possível comprovar, através do Gráfico 8, que após o primeiro milímetro ocorre a queda no valor de parâmetros como condutibilidade elétrica, acidez, cloretos e sulfatos.

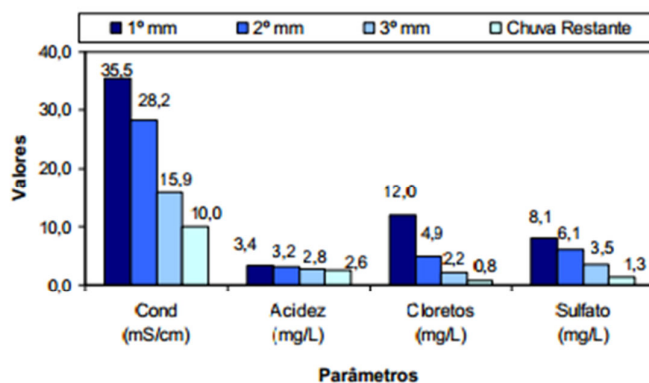


Gráfico 8 - Comparação da qualidade da água da chuva.
Fonte: Anecchini, 2005.

Em relação à qualidade da água da chuva, para utilização em fins mais nobres, os aspectos exigidos pela NBR 15527/07 são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1–Padrões de qualidade da água estabelecidos pela NBR 15527/07.

PARÂMETRO	ANÁLISE	VALOR
Coliformes Totais (NMP/100mL)	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro Residual Livre (mg/L)	Mensal	0,5 a 3,0
Turbidez (UNT)	Mensal	2,0 5,0 (usos menos restritivos)
Cor Aparente (uH)	Mensal	15
pH	Mensal	6,0 a 8,0

Fonte: Hagemann, 2009.

2.4.4. Sistema de aproveitamento pluvial

As premissas e diretrizes do projeto e dimensionamento de um sistema de aproveitamento pluvial deve seguir a Norma Brasileira – NBR 15527/07, no entanto, a concepção do sistema de coleta da água deve atender, também, as NBR 5626/98 e NBR 10844/89, além de considerar, no escopo inicial, o alcance de projeto, a população atendida, determinação da demanda e estudo das séries históricas de precipitação da região (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007)

A composição do sistema de aproveitamento pluvial consiste na coleta da água da chuva que precipita sobre a área de captação, em geral telhados, descarte da água do início da chuva, calhas e condutores para o transporte da água, reservatório para armazenamento e abastecimento dos pontos de uso, além da drenagem do excesso de água de chuva (GIACCHINI, 2010).

A funcionalidade de um sistema de coleta e aproveitamento pluvial consiste fundamentalmente na captação da água da chuva que precipita sobre o telhado das residências, conforme ilustrado na Figura 2 (ABUMANSUR, 2007).

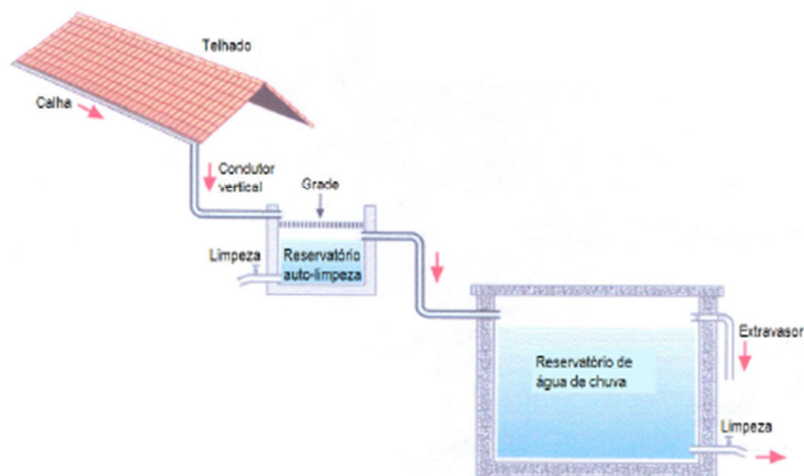


Figura 2 – Sistema de coleta da água da chuva.
Fonte: May, 2009.

2.4.4.1. Captação

A superfície de captação da água pluvial é, na maioria dos casos, o telhado da habitação, pois diminui o custo com a implantação do sistema e facilita a distribuição, por gravidade, para o reservatório de armazenamento.

Atualmente, existem diversas opções para compor o telhamento de uma residência, como telhas cerâmicas, de fibrocimento, plástico, metálicas, entre outras. É de extrema importância conhecer de que material o telhado é constituído, pois cada material possui um coeficiente de escoamento, porcentagem da água precipitada que escorre, diferente. Por outro lado, também é importante conhecer a composição do material para evitar a contaminação da água devido à lixiviação de componentes da fabricação da telha (HAGEMANN, 2009).

O uso de telhados metálicos, de alumínio e zinco, por exemplo, diminui as perdas do potencial de escoamento, enquanto em telhados cerâmicos, a textura do material e menor eficiência do escoamento aumentam as perdas da água precipitada (TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD, 2005). Os coeficientes de escoamento das superfícies de captação, de acordo com cada material, são apresentados, a seguir, no Quadro 6.

Superfície de Captação	Coefficiente de Escoamento
Telhados	
• Telhas Cerâmicas	0,80 – 0,90
• Telhas Esmaltadas	0,90 – 0,95
• Telhas Corrugadas de Metal	0,80 – 0,90
• Cimento, Amianto	0,80 – 0,90
• Plástico, PVC	0,90 – 0,95

Quadro 6 – Coeficiente de escoamento das superfícies de captação
Fonte: Adaptado de Sacadura, 2011.

Para que não ocorram entupimentos nos condutores que levam a água escoada até o reservatório, o sistema de coleta pluvial deve possuir acessórios como peneiras, grades ou filtros, para conter folhas e galhos, possibilitando a fácil limpeza, conforme ilustrado na Figura 3.

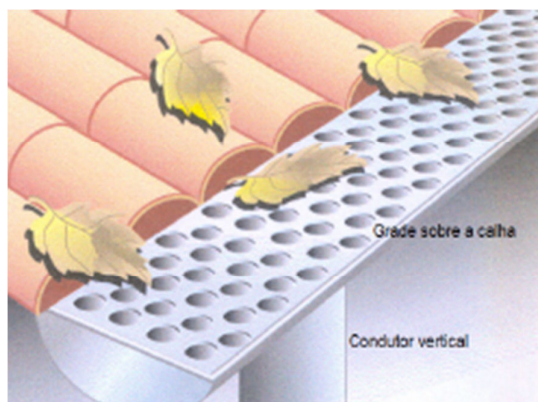


Figura 3 – Sistema de proteção do condutor.
Fonte: May, 2009.

2.4.4.2. Condução

Após a captação, a água flui através das calhas, sendo transportada ao reservatório através de condutores verticais. O dimensionamento e a instalação desse sistema merece atenção especial, pois um subdimensionamento acarreta em uma significativa redução da eficiência de todo o sistema de aproveitamento pluvial. A inclinação deve ser contínua, recomenda-se de 1% a 1,5%, de forma a precaver a concentração de água e conseqüentemente o acúmulo de detritos e o crescimento de algas (SACADURA, 2011).

De acordo com Carlon (2005), os materiais utilizados, devido a sua resistência à corrosão, são o alumínio e o aço galvanizado, no entanto, estes

acarretam um maior investimento inicial, sendo substituídos, em larga escala, por produtos de policloreto de vinilo (PVC).

2.4.4.3. Descarte da primeira chuva

O reservatório de descarte possui como objetivo o acúmulo temporário de água da chuva, coletada no início da precipitação, e o posterior descarte, de maneira a evitar que os primeiros milímetros de precipitação, alterem a qualidade da água.

O reservatório de autolimpeza, com torneira boia, é uma alternativa para o dispositivo de descarte. O sistema consiste em um tanque cuja boia interrompe a entrada de água quando esta atinge um nível determinado (volume a ser descartado). A água é então desviada ao reservatório de armazenamento, enquanto o primeiro volume coletado fica armazenado sendo posteriormente eliminado após o fim da precipitação (HAGEMANN, 2009).

A NBR 15527/07 aconselha que, na falta de dados, os primeiros 2mm de chuva devem ser descartados e que a limpeza do dispositivo de eliminação da primeira chuva deve ser realizada mensalmente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007).

2.4.4.4. Armazenamento

O reservatório de armazenamento deve estar, preferencialmente, localizado próximo aos pontos de consumo, para diminuir a distância de transporte da água e, conseqüentemente, os custos de instalação e manutenção. Em relação ao método construtivo, os reservatórios podem ser apoiados sobre o solo, enterrados ou semienterrados e constituídos de diferentes materiais, como alvenaria, concreto, fibra de vidro, betão armado, polietileno, entre outros. As formas comumente utilizadas são cilíndricas ou retangulares (HAGEMANN, 2009).

O dimensionamento do reservatório, objetivando um sistema econômico e eficiente, depende de fatores como: a precipitação local (índice pluviométrico da região), área de superfície de captação, materiais e coeficientes de escoamento

superficial. A norma ETA 0701 versa sobre exigências e recomendações para o dimensionamento (*TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD*, 2005).

É importante salientar que, caso existam períodos de secas de grande extensão e não haja chuva suficiente para abastecer o reservatório, os pontos de utilização devem, automaticamente, migrar para o sistema convencional de abastecimento por água potável.

2.4.4.5. Pluviometria de Curitiba

Na Tabela 2, pode-se verificar as médias anuais, entre 2005 e 2012, das precipitações em Curitiba-PR, e a média geral do período.

Tabela 2–Resumo anual das precipitações em Curitiba-PR.

ANO	Total anual	Máxima diária	Data da ocorrência	Dias de chuva
2005	1333,2	74,2	31/08/2005	149
2006	932,4	48,0	19/11/2006	120
2007	1365,4	114,0	12/12/2007	123
2008	1199,8	82,0	11/03/2008	146
2009	1662,4	74,4	20/11/2009	153
2010	1780,0	119,6	14/12/2010	165
2011	1863,0	103,4	01/08/2011	161
2012	1468,0	113,4	05/06/2012	144

Resumo Anual				
ANO	Total anual	Máxima diária	Dias de chuva	
MÉDIA	1450,5	91,1	145,1	
MÍNIMA	932,4	48,0	120,0	
MÁXIMA	1863,0	119,6	165,0	
D. PADRAO	290,7	23,7	15,2	

Fonte: Adaptado de Instituto de Águas do Paraná, 2014.

De acordo com Zolet (2005), o potencial de água da chuva, disponível para a captação, em Curitiba, pode ser obtido a partir da relação existente entre a média da precipitação do período analisado, subtraindo a média da evaporação da água do mesmo período.

Os dados da evapotranspiração anual no Paraná estão expostos na Figura 4.

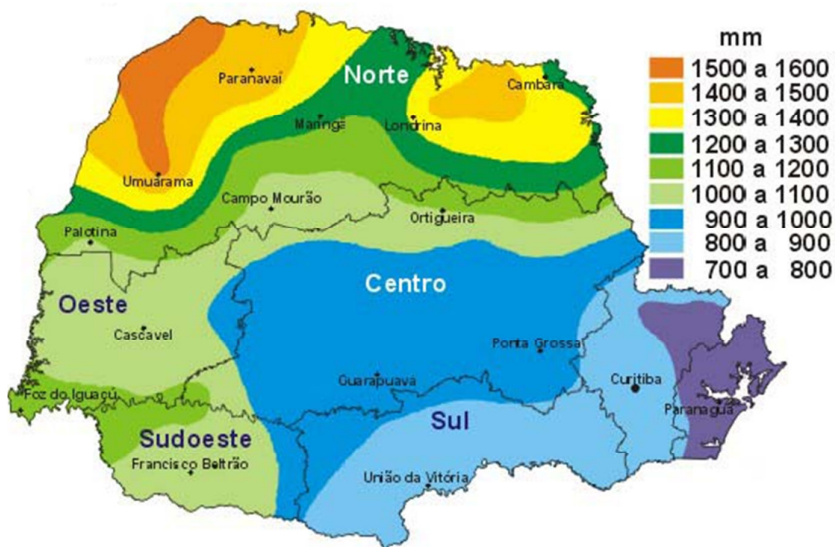


Figura 4 – Evapotranspiração anual.
Fonte: Adaptado do Instituto Agrônomo do Paraná, 2014.

2.5. ÁGUAS CINZAS

Ottoson e Stenstrom (2003) e o Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (2006) classificam águas cinzas como águas servidas, provenientes de pias, chuveiros, lavatórios, banheiras e tanques de lavar roupas, no entanto, Nolde (1999), não classifica o efluente originado das cozinhas, como águas cinzas, por considerá-lo extremamente poluído e com inúmeros materiais indesejáveis e de difícil tratamento, como óleos, gorduras e grande quantidade de matéria orgânica.

Diferentemente das águas pluviais, em que o volume de captação e utilização depende diretamente da pluviometria da região, as águas cinzas apresentam vazões originadas do consumo de água potável de residências, ou seja, sendo de fácil obtenção e coleta (MAY, 2009).

Os primeiros registros de reúso de águas cinzas recorrem à Grécia antiga, em que a água era reutilizada na agricultura. Em Londres, no século XIX, o reúso era possibilitado a partir de coletores de esgoto, no entanto, o reúso era feito de maneira descontrolada, com pouco ou nenhum tratamento eficiente, levando a uma situação de grandes epidemias de cólera entre os anos de 1840 e 1850 (ASANO; LEVINE, 1996).

No Quadro 7 são apresentados alguns casos atuais de aproveitamento de águas cinzas, no Brasil, em confronto com o investimento inicial aplicado e a economia obtida com o sistema.

Empresa	Atividade	Investimento (R\$)	Economia de
3M do Brasil Ltda	Indústria Química	33.000.000,00	97.000m ³ /ano
Kodak Brasileira Com.	Indústria Química	418.000,00	65%
Alsco Toalheiro Brasil	Lavanderia Industrial	20.000,00	80m ³ /dia
Pilkinton Brasil Ltda	Fabricante de Vidros	280.000,00	95%
Wolkswagen	Montadora de Veículos	5.000.000,00	70.000m ³ /mês

Quadro 7– Casos de reúso de águas cinzas.

Fonte: Adaptado de Nosé, 2008.

Os principais usos para águas cinzas destinam-se a atividades não potáveis como na utilização urbana, em lavagem de vias públicas, irrigação de áreas verdes, abastecimento de fontes, desobstrução de galerias e redes coletoras. Em usos domésticos o reúso é feito na lavagem de roupas, calçadas, veículos, descargas em vasos sanitários e no reúso industrial, em torres de resfriamento, caldeiras, irrigação (SANTOS, 2008).

Segundo Gonçalves *et al.* (2006), em residências, os usos mais comuns destinam-se a descarga de vasos sanitários e irrigação de jardins.

As águas cinzas são, em sua maioria, compostas de sabão, espuma e outros produtos de limpeza em geral, e sua qualidade pode variar de acordo com a procedência, localidade, nível de ocupação da residência, faixa etária, classe social e cultura dos moradores. É imprescindível conhecer o local e o tipo de efluente para definir o tratamento mais eficiente e a utilização final a que será destinado (MAY, 2009).

2.5.1. Qualidade das águas cinzas

As características físicas, químicas e bacteriológicas das águas cinzas, são influenciadas pela qualidade da água de abastecimento e, principalmente, pelo comportamento do consumidor, em que a cultura, estilo de vida, padrão socioeconômico e grau de utilização de produtos químicos tornam-se relevantes para a identificação da qualidade. A variação pode ocorrer, também, dependendo do ponto de coleta, sejam chuveiros, lavatórios ou pias (MAY, 2009).

Nosé (2008) cita que a norma regulamentadora brasileira, NBR 13969/97, define parâmetros para o tratamento dos efluentes de acordo com seu respectivo reúso, uma vez que os efluentes sejam de origem doméstica, e classifica-os em quatro classes:

- Classe 1 – “Lavagem de carros e outros usos que requerem contato direto com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador”: Turbidez inferior a 5 NTU (unidade nefelométrica de turbidez); Índices de coliformes fecais inferior a 200 NMP (número mais provável) / 100 mL; Sólidos dissolvidos totais inferior a 200 mg/L; pH entre 6,0 e 8,0; Cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L;
- Classe 2 – “Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes”: Turbidez inferior a 5 NTU; Índices de coliformes fecais inferior a 500 NMP / 100 mL; Cloro residual superior a 0,5 mg/L;
- Classe 3 – “Reúso em descargas de vasos sanitários”: Turbidez inferior a 10 NTU; Índices de coliformes fecais inferior a 500 NMP / 100 mL;
- Classe 4 – “Reúso em pomares, cereais, forragem para gados e cultivos através de escoamento superficial ou irrigação pontual”: Índices de coliformes fecais inferior a 500 NMP / 100 mL; Oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L.

2.5.2. Sistema de reúso das águas cinzas

A configuração básica para o sistema de reúso de águas cinzas é análoga à do sistema pluvial, conforme a Figura 5, composto pela coleta de água servida,

prevendo um sistema de condução, com condutores e tubos de quedas, unidade de tratamento, reservatório de acumulação, sistema de bombeamento, para conduzir a água até o reservatório superior e rede de distribuição, por gravidade (NOSÉ,2008).

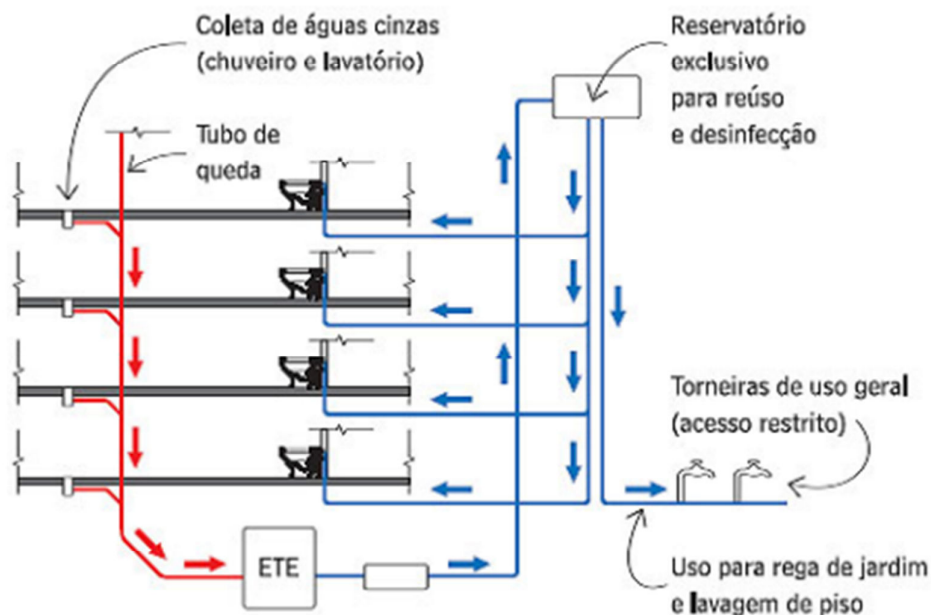


Figura 5 – Sistema de reúso de águas cinzas.
Fonte: Revista Técnica, 2008.

2.6. ÁGUAS AMARELAS

As águas amarelas podem ser definidas como águas residuárias, geradas em vasos sanitários ou mictórios, em que existe a separação entre a urina e as fezes (COSTANZI *et al.*, 2010).

Johansson (2000) afirma que as técnicas para a separação da urina são utilizadas há vários anos em diversos países.

A Suécia destaca-se como uma das pioneiras no estudo de técnicas e materiais para compor os sistemas de separação da urina. No ano de 1995, foram construídas as chamadas “eco-vilas”, em que as casas possuíam um sistema separador, para facilitar o tratamento e reduzir a quantidade de água potável utilizada para escoamento do efluente (RIOS, 2008).

Os principais dispositivos utilizados para a separação da urina são os vasos sanitários compartimentados, ilustrado na Figura 6, que diferem aos comuns por

serem compostos por duas bacias, uma dianteira, destinada exclusivamente para a urina e uma traseira, destinada às fezes (RIOS, 2008).

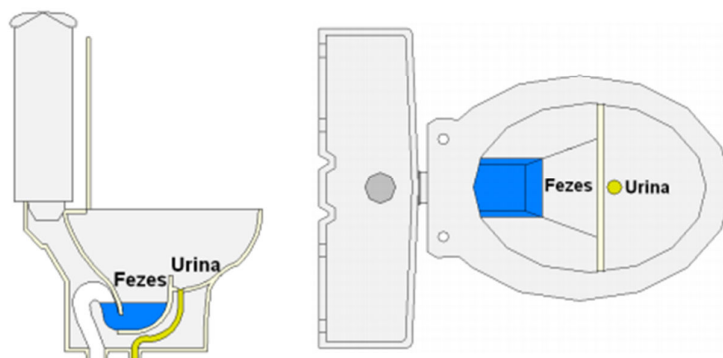


Figura 6 – Vaso sanitário separador.
Fonte: Rios, 2008.

A urina humana é uma solução que contém altas concentrações de sais e nutrientes, principalmente nitrogênio. Cerca de 80% do nitrogênio presente encontra-se sob a forma de ureia, e o restante em forma de nitrogênio inorgânico, orgânico ou amônia. Além de nitrogênio, a urina é composta por cloreto de sódio, potássio, cálcio, sulfatos e fósforo. Essa grande quantidade de nutrientes, proporciona sua reutilização, sobretudo, na agricultura (FITTSCHEN; HAHN, 1998).

O Quadro 8 permite concluir que, de maneira geral, a urina representa 80% do nitrogênio, 50% do fósforo e 90% do potássio da carga de nutrientes que chega a uma estação de tratamento de esgoto convencional, carga muito maior quando comparada às fezes (JOHANSSON, 2000).

Em relação ao volume, comparando os efluentes domésticos, mesmo com a geração de um volume diário de 1,5 L / hab, a urina representa menos de 1% do volume do esgoto total (LARSEN *et al.*, 2001).

Nutrientes	Urina*	Fezes*	Total
Nitrogênio	5,60 Kg	0,09 Kg	5,69 Kg
Fósforo	0,40 Kg	0,19 Kg	0,59 Kg
Potássio	1,00 Kg	0,17 Kg	1,17 Kg
* Para o cálculo do conteúdo total para cada nutriente foram utilizadas as seguintes proporções urina = 500L/hab.ano fezes = 50L/hab.ano			

Quadro 8 – Conteúdo de nutrientes nas fezes e urina.

Fonte: Adaptado de Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, 2006.

A reutilização das águas amarelas pode gerar uma economia de água potável, em residências, de até 40%, além de reduzir riscos de eutrofização de corpos hídricos (SILVA, 2013).

As etapas de gerenciamento da urina humana para sua utilização como fonte de nutrientes são: coleta, transporte, análogos aos sistemas pluvial e de águas cinzas, estocagem, tratamento e aplicação (ZANCHETA, 2007).

A presença de organismos patogênicos na excreta humana é resultado direto da infecção dos indivíduos geradores. Diversos tipos de bactérias podem causar infecções do trato urinário, no entanto, a transmissão e contaminação via meio ambiente é tida como de difícil ocorrência. O risco principal de transmissão de doenças relaciona-se com o contato direto com o agente (PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO, 2006).

2.6.1. Tratamento e qualidade das águas amarelas

Os principais tratamentos das águas amarelas, com o objetivo de aplicá-las na agricultura, são a estocagem em reservatórios, por períodos pré-determinados, e a concentração para a redução do volume. Durante a estocagem, importante para reduzir riscos biológicos, há a liberação da amônia e do bicarbonato, causando um aumento no pH da urina e causando, conseqüentemente, à inativação de alguns microrganismos. O tempo para que ocorra a inativação pode variar com a temperatura e maiores valores de pH. A Suécia, pioneira no uso de águas amarelas, instituiu uma diretiva para o reúso de águas amarelas na agricultura, definindo períodos mínimos de estocagem da urina para a eliminação de determinados

patógenos (PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO, 2006). No Quadro 9 apresenta a diretriz para a utilização da urina na agricultura.

Temperatura de Estocagem	Tempo de Estocagem	Patógenos possivelmente presentes na urina após estocagem	Cultivos agrícolas recomendados
4 °C	≥ 1 mês	Vírus e protozoários	Alimentos cultivados e forragem que serão processados
4 °C	≥ 6 meses	Vírus	Alimentos cultivados que serão processados, forragem
20 °C	≥ 1 mês	Vírus	Alimentos cultivados que serão processados, forragem
20 °C	≥ 6 meses	Provavelmente nenhum	Todos os tipos de cultivo

Quadro 9 – Diretriz para a utilização da urina na agricultura.

Fonte: Adaptado de Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, 2006.

2.7. ÁGUAS NEGRAS

Diversos autores caracterizam águas residuárias das cozinhas como águas negras, por possuírem alta concentração de matéria orgânica, óleos e gorduras (VIGGIANO, 2008).

As águas negras podem ser definidas como oriundas dos vasos sanitários, ou seja, composta por urina, fezes e papel higiênico, além de rica em matéria orgânica e bactérias com potencial patológico (RAMALHO, 2011).

Conforme já citado, em comparação com a urina, a carga de nutrientes das fezes humanas é bem menor, no entanto, de acordo com Sawyer (2006), a maior parte do carbono é encontrada nas fezes e, alguns outros nutrientes, como cálcio e magnésio, são encontrados em fezes e urinas nas mesmas proporções.

O potencial de utilização das águas negras resume-se principalmente na reciclagem de nutrientes, reduzindo a necessidade de fertilizantes industriais na agricultura, e a prevenção da contaminação direta de mananciais e ecossistemas pela descarga das águas (GALBIATI, 2009).

Devido ao alto potencial patológico, o reúso direto das águas negras não é recomendado, no entanto, o tanque de evapotranspiração (TEvap) apresenta-se como uma alternativa simplificada para o tratamento do esgoto doméstico e visa proporcionar sua reutilização (GALBIATI, 2009).

O TEvap consiste em um tanque impermeabilizado, dimensionado para uma unidade familiar, que é preenchido com diversas camadas de substratos e plantado com espécies vegetais de crescimento rápido e alta demanda por água. As águas negras dão entrada no sistema através da câmara de recepção, presente na parte inferior do tanque, permeando camadas de material cerâmico e pedras. Na parte inferior do tanque ocorre a digestão anaeróbia do efluente. A medida que a proporção de esgoto aumenta, o conteúdo atinge as camadas superiores, de brita e areia, até atingir uma camada de solo, através da qual se move por ascensão capilar até a superfície. Através da evapotranspiração, a água é eliminada do sistema, ao mesmo tempo em que os nutrientes presentes são removidos através da sua incorporação à biomassa das plantas e vegetais (GALBIATI, 2009).

O tratamento de águas negras que contenham alta concentração de patógenos e matéria orgânica necessita de um pré-tratamento para a redução de sólidos e matéria orgânica e um pós-tratamento para eliminação de excesso de nutrientes e patógenos, antes da disposição final, demandando grandes áreas para sua implantação (GALBIATI, 2009).

2.8. REÚSO

Braga *et al.* (2005) afirmam que em 1985, o conselho Econômico e Social das Nações Unidas estabeleceu uma política de gestão das águas, para áreas carentes de recursos hídricos, introduzindo, como premissa, o ideal de que “a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram usos de qualidade inferior”.

A reutilização para fins não potáveis auxilia a combater a escassez, compensar a dificuldade de abastecimento frente a crescente demanda e urbanização e a substituir mananciais que podem ter aplicações mais nobres (TELLES, 2007).

Apesar de reconhecida como opção segura e confiável da racionalização dos recursos hídricos, e ser uma prática cada vez mais difundida e economicamente acessível, a tecnologia de reúso da água, necessita da aceitação e aprovação da sociedade, além da vontade política para se efetivar como tecnologia sistemática,

fatores econômicos, políticos e culturais podem afetar a decisão. A água de reúso, dependendo do investimento e tecnologia empregada, pode ser utilizada para fins potáveis e não potáveis, para uso industrial, agrícola e urbano (PIZZANO; GONÇALVES, 2011). As formas potenciais de reúso de água são apresentadas na Figura 7.

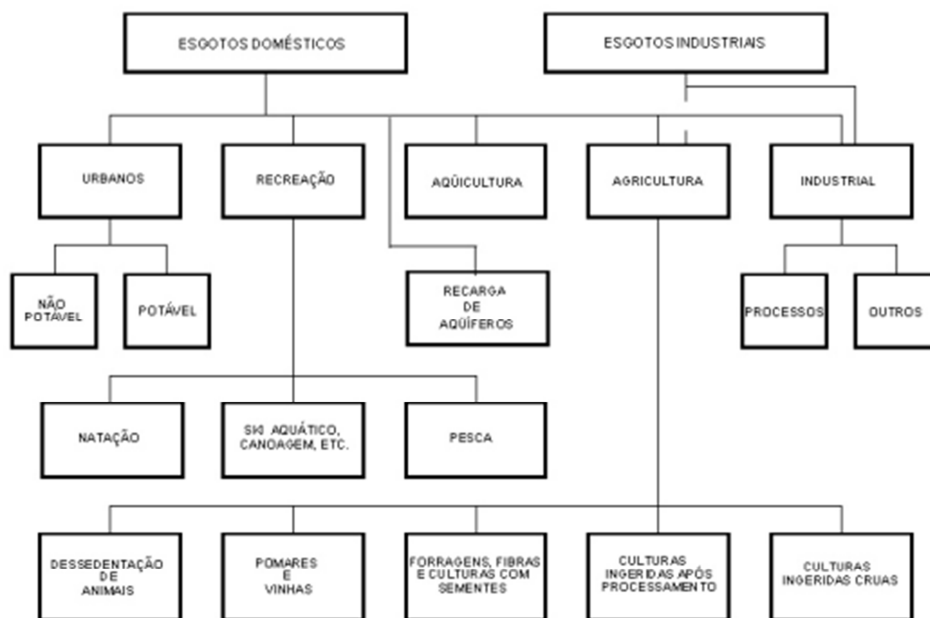


Figura 7- Formas potenciais de reúso de água.
Fonte: Hespanhol, 2002.

A *World Health Organization*¹ (1973 *apud* May 2009) classifica a água de reúso em duas formas: reúso direto, em que o uso é planejado e o efluente recebe o tratamento direto sendo novamente utilizado dentro de um mesmo sistema, ou seja, sem lançamento ou diluição em corpos d'água; e reúso indireto em que a água utilizada é descartada em corpos hídricos, onde é diluída, autodepurada, e depois voltar a ser captada, tratada e utilizada novamente.

O reúso ainda pode ser caracterizado como planejado, quando é resultado de uma ação consciente, partindo da premissa da existência de um sistema de tratamento que atenda aos padrões de qualidade requeridos para o novo uso da água; e não planejado, quando a água, após utilização, é descartada no meio ambiente e usada a jusante de maneira não intencional e não controlada (LAVRADOR FILHO, 1987)

Hagemman (2009) afirma que o manual de conservação e reúso da água em edificações especifica as condições mínimas e padrões de qualidade da água de reúso, subdividindo sua utilização em 4 classes.

- Água de reúso classe 1: Destinada ao uso em descargas de vasos sanitários, lavagem de pisos, roupas, veículos e para fins ornamentais;
- Água de reúso classe 2: Destinada a usos associados à construção civil (lavagem de agregados, controle de poeira, produção de concreto, compactação de solo);
- Água de reúso classe 3: Destinada à irrigação de áreas verdes e rega de jardins;
- Água de reúso classe 4: Destinada ao resfriamento de equipamentos de ar-condicionado.

Os padrões de qualidade estabelecidos em função da classe de reúso são exibidos na Tabela 3.

Tabela 3- Padrões estabelecidos em função da classe de reúso.

PARÂMETRO	CLASSE			
	1	2	3	4
Alcalinidade	-	-	-	350
Cloreto (mg/L)	-	-	-	500
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	N.D.	1000	200	2,2
Cor (uH)	10	-	30**	-
DBO (mg/L)	10	30	-	-
DQO (mg/L)	-	-	-	75
Dureza (mg/L)	-	-	-	650
Ferro (mg/L)	-	-	-	0,5
Fósforo (mg/L)	0,1	-	-	1
Manganês (mg/L)		-	-	0,5
Nitrato (mg/L)	10	-	-	-
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	20	-	-	1
Nitrogênio Total (mg/L)	-	-	5 - 30	-
pH	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,8 - 7,2
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	500	-	-	500
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	5	30	20	100
Sulfato (mg/L)	-	-	-	200
Turbidez (UNT)	2	-	5	-

Fonte: Hagemann, 2009.

2.9. ESTUDOS DE CASO

2.9.1. Estudo de caso - Água pluvial

Pizzano e Gonçalves (2011) analisaram a viabilidade econômica para aplicação do sistema de reúso de água pluvial, para fins não potáveis, em residências populares, tomando como estudo de caso habitações unifamiliares da COHAB (Companhia de Habitação Popular de Curitiba) na cidade de Curitiba/PR.

Essas autoras citaram que grande parte do investimento é demandada devido às alterações necessárias no projeto hidráulico original, conforme a lista a seguir:

- Aumento na quantidade de tubulação hidráulica;
- Aumento na quantidade de conexões hidráulicas;
- Adição de uma caixa d' água;
- Adição de uma bomba;
- Adição de uma válvula de retenção com filtro para tratamento da água captada com a chuva, e;
- Construção de um reservatório subterrâneo para captação da água.

O valor do projeto inicial, sem o sistema de aproveitamento de água da chuva, foi orçado em R\$ 1.771,12, todavia, quando considerada a aplicação de tal sistema, o custo final obtido foi de R\$ 3.717,27. Ou seja, as alterações impostas pelo sistema de aproveitamento de água da chuva aumentou em 110% o orçamento hidráulico da residência unifamiliar.

Apesar do expressivo aumento no custo da final da residência, a aplicação do sistema de aproveitamento de água pluvial, apresentado no estudo de caso, possibilita economia de 8340 L/mês, significando, 27,1% do valor total de água demandada por 4 pessoas.

O trabalho compreende, também, a opinião popular da região de Curitiba em relação ao tema proposto, concluindo que a maioria dos habitantes possuem consciência sobre a escassez da água e que a adoção de sistemas de aproveitamento de água da chuva depende de condições financeiras.

2.9.2. Estudo de caso - Águas cinzas

A pesquisa publicada por Santos (2008) teve como objetivo principal a análise dos aspectos técnicos e financeiros associados ao reúso urbano de águas cinzas para fins não potáveis.

Aplicado ao edifício residencial Royal Blue, localizado no município de Vitória/ES, o trabalho visou a reutilização de águas cinzas para uso em descargas dos vasos sanitários de 30 unidades, divididas em 15 pavimentos, em que cada unidade há 2 suítes e 1 lavabo. Na Figura 8 exibe-se a fachada do edifício em estudo.



Figura 8 – Edifício Royal Blue.
Fonte: Santos, 2008.

Para atender as diretrizes dos parâmetros de reúso da água, instalou-se no edifício uma Estação de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC), ilustrada na Figura 9, de maneira a não prejudicar a funcionalidade do prédio. As principais características visadas pela implementação da ETAC foram redução da DBO, desinfecção, cor, turbidez e sulfetos.



Figura 9 – Edifício Royal Blue – ETAC.
Fonte: Santos, 2008.

Os impactos financeiros para a instalação do sistema foram demonstrados, comparativamente, observando os valores orçados para o projeto original e para o projeto contemplando o sistema de reúso de águas cinzas. O custo total para a execução do projeto original foi de R\$ 5.495.716,00, enquanto o valor para o projeto com o sistema de reúso chegou à R\$ 5.581.498,00, ou seja, o valor do acréscimo, devido à implantação do sistema, foi de R\$ 85.782,00 (1,56% do valor inicial). Deste valor, R\$ 55.000,00, 64%, são oriundos, exclusivamente da ETAC.

Considerando R\$ 563,42 todas as despesas mensais com a ETAC e estimando consumo médio mensal da água de reúso em 432 m³, obteve-se como custo da utilização da água de reúso R\$ 1,30/m³. A redução do valor pago, em água e esgotos, à concessionária local, foi de 26,75% e, ao final de um ano, a economia total chega a R\$ 6.739,20.

O retorno do investimento, considerando a aplicação da taxa de bonificação e despesas indiretas (BDI), foi estimado em 8,5 anos, período considerado pequeno, se comparado com o tempo mínimo de vida útil de uma edificação (50 anos) e o tempo médio de moradia do proprietário (15 anos).

Os ganhos financeiros, mesmo não sendo muito atrativos, demonstram a viabilidade da aplicação deste sistema, e, do ponto de vista ambiental, o edifício traz diferencial ecológico, com redução do consumo de água potável, e valorização do imóvel.

2.9.3. Estudo de caso - Águas negras

Galbiati (2009) avaliou a viabilidade e o funcionamento de um tanque de evapotranspiração construído, em Campo Grande/MS, para uma residência em área periurbana, como forma de tratamento e reúso domiciliar de águas negras. O sistema estudado foi implantado em escala real em uma residência com dois moradores, sendo destinado ao TEvap apenas o esgoto do vaso sanitário.

Basicamente, o procedimento adotado no trabalho foi de realizar medições e cálculos para estimativa do balanço hídrico do sistema, além de realizar análises físico-químicas, bacteriológicas e parasitológicas do substrato, plantas e efluente. Apesar do TEvap não ser considerado um sistema de tratamento de esgoto eficiente, quando observada a diferença na qualidade do esgoto que entra e o que sai do tanque, o estudo de caso apresentou remoção de sólidos suspensos totais e turbidez, bem como decréscimo nos níveis de DBO e DQO. Entretanto, os resultados referentes ao pH, a condutividade, cloretos e os parâmetros microbiológicos não demonstraram alteração significativa.

A análise de coliformes encontrados nas plantas externas ao tanque permitiu concluir que o consumo dessas plantas para fins alimentícios poderia ser recomendado, desde que se proceda à higienização das folhas com hipoclorito de sódio. Em contrapartida, as análises parasitológicas detectaram a presença de ovos de helmintos e coliformes termotolerantes no efluente final, fazendo com que esse possa ser reutilizado apenas como fertilizantes, agregando valor paisagístico, em valas de infiltração, ou descartado diretamente na rede pública de coleta de esgoto.

De forma concisa, o autor concluiu que o tanque de evapotranspiração é uma alternativa viável e importante para tratamento de esgotos urbanos, periurbanos e rurais, podendo ser aplicado tanto em pequenos quintais, quanto em áreas maiores. O autor ressalta, ainda, que o aproveitamento da água e dos nutrientes contidos no esgoto pelo TEvap, demonstra potencial para sua utilização em projetos de condomínios habitacionais populares.

Galbiati (2009) não se preocupou com os custos de implantação do tanque de evapotranspiração, citando apenas que dependendo do sistema construtivo adotado, os custos de implantação do TEvap podem ser menores do que os da implantação de um sistema de fossa séptica e sumidouro.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO DE ESTUDO

Para desenvolvimento deste trabalho tomou-se como referência os projetos arquitetônico e hidráulico disponibilizados pela Universidade Federal do Paraná, de um modelo de residência unifamiliar em alvenaria. Composta por dois pavimentos, a residência apresenta dois quartos, banheiro coletivo, lavabo, cozinha, lavanderia, sala de estar, sala de jantar e garagem, totalizando área interna de 84,40m², Figura 10. O jardim, correspondente a área permeável da habitação, possui 282,61m².

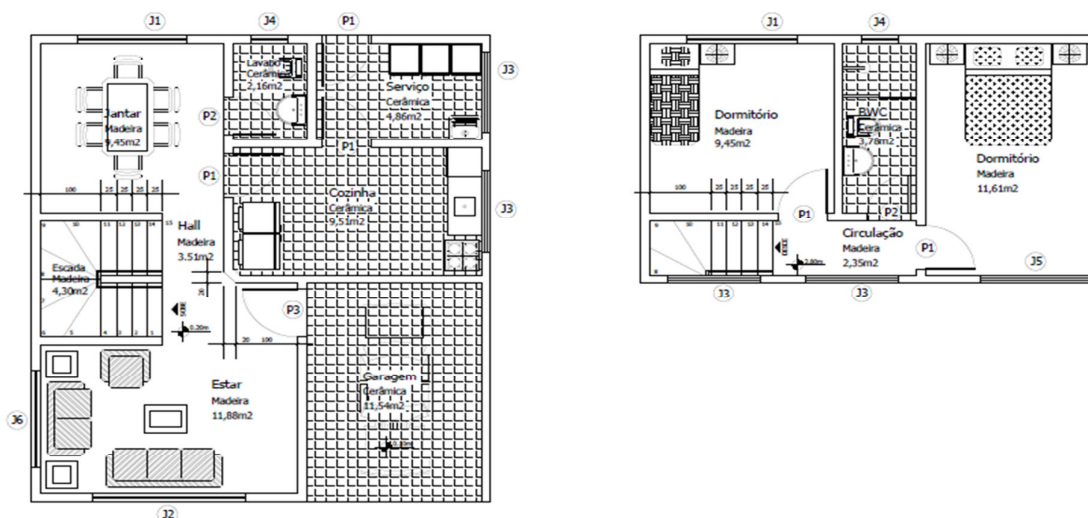


Figura 10– Plantas dos pavimentos térreo e superior
Fonte: Autoria própria.

A cobertura é projetada em dois níveis, conforme a Figura 11, a de nível mais baixo apresenta uma única água, com inclinação de 19,30%, e telhas cerâmicas do tipo romana. A de nível mais alta possui duas águas, com inclinação de 52,5%, e o mesmo padrão de telhamento.

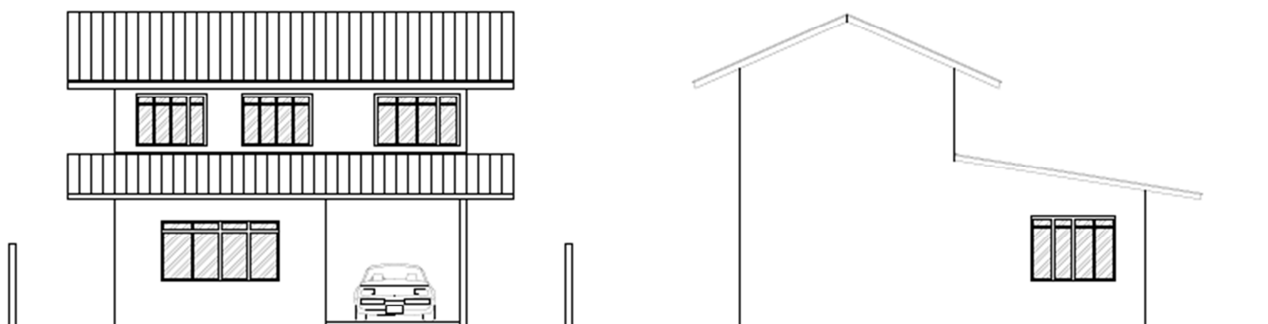


Figura 11 – Elevações frontal e lateral da residência em estudo.
Fonte: Autoria própria.

Para o estudo de caso, adotou-se o padrão familiar médio paranaense de 03 moradores por família acrescido de 01 empregada doméstica (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2012).

3.2. IDENTIFICAÇÃO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA HABITAÇÃO

As águas residuárias que foram consideradas no presente estudo contemplam as águas pluviais, negras e cinzas.

No que diz respeito às águas pluviais, considerou-se como hipótese que foram captadas exclusivamente pelo sistema de cobertura da residência, todavia, os pontos de coleta das águas negras correspondem aos vasos sanitários do lavabo e banheiro. Em relação às águas cinzas, os pontos considerados foram: pia, tanque, máquina de lavar roupa, lavatórios e ralo do box do banheiro.

Adotou-se como pontos de reutilização das águas residuárias a bacia sanitária, máquina de lavar roupa e torneira externa (rega de jardim, lavagem de veículos e lavagem de calçada).

3.3. DEMANDA DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS

A demanda de água na residência foi obtida através da soma dos pontos de reutilização.

Tomaram-se como referência os dados proposto por Tomaz (2009) para o cálculo do volume, per capita, utilizado em cada equipamento:

- Bacia sanitária: 5 descargas/hab.dia;
- Máquina de lavar roupa: 0,2 ciclos/hab.dia;
- Rega de jardim: 2 L/dia.m²;
- Lavagem de veículos: 150 L/lavagem;
- Lavagem de calçada: 50 L/lavagem.

Devido à evolução tecnológica nas linhas de louças e eletrodomésticos, desde o design, vida útil e, principalmente, na economia, optou-se por compatibilizar a frequência de uso dos aparelhos com seus respectivos consumos atuais de água:

- Bacia sanitária: 6 L/descarga;
- Máquina de lavar roupa: 112 L/ciclo.

Como complemento do cálculo da demanda de água, adotou-se que uma família de médio padrão, em média, rega o jardim uma vez por semana, lava o veículo duas vezes ao mês e lava a calçada cinco vezes ao mês.

3.4. OFERTA DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS

3.4.1. Águas negras e cinzas

Define-se coeficiente de retorno como sendo a relação média entre os volumes de esgoto produzido e de água efetivamente consumida. Para esse, foi adotado o valor proposto na NBR 9649/86, de 0,8. Em média, o consumo *per capita* diário em Curitiba é de 138 L/hab.dia (COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ, 2010).

A oferta de água negra foi determinada diretamente do volume demandado pela bacia sanitária. O cálculo da oferta das águas cinzas foi realizado em duas etapas. Primeiramente, foi obtido o volume de esgoto gerado pela máquina de lavar

roupa, diretamente do consumo de água do aparelho. O volume de esgoto gerados no lavatório, chuveiro, pia da cozinha e tanque foi obtido através de multiplicação conjunta do consumo *per capita* de água em Curitiba, número de moradores, coeficiente de retorno e das respectivas porcentagens de contribuição desses aparelhos na residência. As porcentagens de contribuição dos elementos foram obtidas através da adaptação da pesquisa realizada pela Universidade de São Paulo, apresentada no Quadro 3, para o padrão da residência, na qual a contribuição da máquina de lavar louça foi somada a porcentagem de consumo da pia da cozinha.

3.4.2. Água pluvial

O volume do reservatório, ou seja, a oferta da água pluvial foi obtida a partir do histórico pluviométrico mensal de Curitiba entre os anos de 1990 a 2014, disponíveis no Sistema de Informações Hidrológicas do Instituto de Águas do Paraná, sendo que seu dimensionamento foi executado para suprir a demanda total dos usos propostos.

3.5. QUALIDADE DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Os parâmetros de qualidade das águas residuárias foram obtidos através de fontes bibliográficas. As condições mínimas de qualidade para reutilização, de acordo com os usos classificados por Hagemman (2009), estão descritas na Tabela 3.

3.6. MODIFICAÇÕES TÉCNICAS E CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO

A compatibilização entre a oferta e a demanda, do ponto de vista quantitativo e qualitativo, foi executada através do Quadro 10, no qual, os usos propostos foram preenchidos de acordo com os padrões mínimos de qualidade requeridos e a quantidade demandada, relacionando com a quantidade e qualidade das águas residuárias geradas pela residência. Posteriormente, foram estabelecidos e

dimensionados os tratamentos, para adequação qualitativa das águas residuárias, e os respectivos componentes do sistema de reúso.

ÁGUA RESIDUÁRIA			PLUVIAL	ESGOTOS DOMESTICOS	
				ÁGUAS CINZAS	ÁGUAS NEGRAS
ÁGUA CAPTADA	OFERTA	(L/dia)			
	QUALIDADE	(caracterização)			
USO X	DEMANDA	(L/dia)			
	QUALIDADE	(Hagemann, 2009)			
USO X+1	DEMANDA	(L/dia)			
	QUALIDADE	(Hagemann, 2009)			

Quadro 10 – Compatibilização da oferta e demanda das águas residuárias.

Fonte: Autoria própria.

A viabilidade da implantação do sistema de reúso foi analisada a partir da verificação dos custos adicionais relacionados à alteração do projeto original, comparando com a aplicação de cada sistema individualmente.

A comparação foi feita através de uma análise preliminar dos principais elementos responsáveis pelo encarecimento e efetividade do sistema de reúso, através da composição de preços unitários apresentada na Tabela de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO), publicada pela editora PINI em 2010. Com isso, foi elaborado um “ranking” com as opções de implantação do sistema de tratamento e reúso composto pela utilização das águas pluviais, cinzas e negras, de forma individual. Definido o melhor sistema de reúso, foi elaborado o projeto, apresentado no Apêndice A, com as modificações hidráulicas para a realização do levantamento quantitativo e orçamento definitivo para a instalação e operação.

3.6.1. Dimensionamento do sistema de reúso da água pluvial

Independente do sistema a ser dimensionado para a coleta da água da chuva, inicialmente deve-se evitar a entrada de folhas, gravetos ou outros materiais grosseiros no interior do reservatório de armazenamento, uma vez que estes poderão se decompor prejudicando a qualidade da água armazenada. A instalação de grades sobre as calhas é uma maneira bastante simples para remoção deste tipo de material, conforme pode ser visualizado na Figura 12 (PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO, 2006).

Por outro lado, deve-se considerar também que as adaptações para promover o reúso devem ser as mínimas possíveis, ou seja, garantindo a qualidade da água para reúso e funcionamento adequado dos equipamentos.

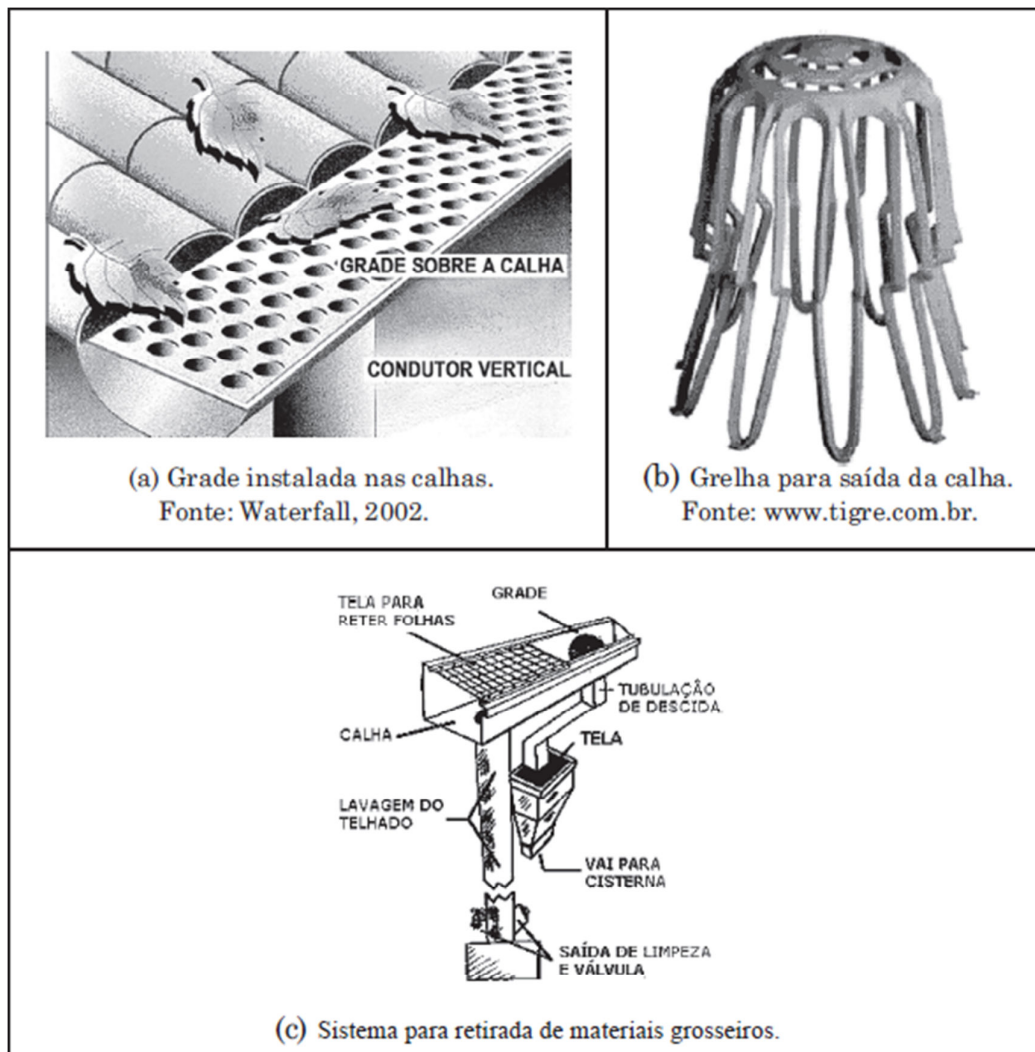


Figura 12–Grades para remoção de materiais grosseiros.

Fonte: Adaptado de Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (2006)

3.6.1.1. Calha

As calhas deverão obedecer às normas brasileiras de instalações de esgoto pluvial (NBR 10844/89 de dezembro de 1989 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT) (TOMAZ, 2009).

De acordo com a NBR 10844/89, para determinação da vazão na calha utiliza-se a Equação 1.

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (1)$$

Em que:

Q= vazão do projeto (L/min);

I= intensidade pluviométrica (mm/h);

A= área de contribuição (m²).

O dimensionamento das calhas é calculado através da fórmula de Manning, segundo a NBR 10844/89, conforme apresentado na Equação 2:

$$Q = 60000 \times (A/n) \times R_H^{2/3} \times S^{1/2} \quad (2)$$

Em que:

Q= vazão do projeto (L/min);

A= área da seção molhada (m²);

P= perímetro molhado (m);

n= coeficiente de rugosidade de Manning;

R_H=raio hidráulico (m);

S= declividade (m / m).

O coeficiente de rugosidade de Manning varia conforme o material da calha, sendo seus valores indicados no Quadro 11.

Material	n
Plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Quadro 11– Coeficientes de rugosidade de Manning.

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 10.844/89.

3.6.1.2. Condutores

Na NBR 10844/89 é exposto que o diâmetro mínimo de condutores verticais de seção circular é de 70 mm. Tomaz (2009) apresenta um método prático que dimensiona o diâmetro do condutor vertical para chuvas críticas de 120 mm/h e 150 mm/h, apresentado no Quadro 12.

Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Área do telhado (m ²)	
		Chuva de 150 mm/h	Chuva de 120 mm/h
50	0,57	14	17
75	1,76	42	53
100	3,78	90	114
125	7,00	167	212
150	11,53	275	348
200	25,18	600	760

Quadro 12– Condutores verticais pluviais.

Fonte: Adaptado de Tomaz, 2009.

De acordo com a NBR 10844/89, o dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno (D) do tubo. As vazões para tubos de vários materiais e inclinações usuais estão indicadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular.

Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: ABNT NBR 10844/1989.

3.6.1.3. Reservatório

O modelo de Rippl é um método de cálculo de volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante durante o período mais crítico de estiagem observado (PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO, 2006). O modelo analítico é sintetizado a partir da Tabela 5.

Tabela 5 - Dimensionamento do reservatório pelo método Rippl

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume mensal de chuva (m ³)	Volume demandado – volume de chuva (m ³)	Volume do reservatório (m ³)	Situação do Reservatório
JAN	*	*	*	*	*	*	*
FEV	*	*	*	*	*	*	*
...	*	*	*	*	*	*	*

Fonte: Adaptado de Tomaz, 2009.

- **Demanda constante mensal:** É a demanda mínima para atender as necessidades dos habitantes. No presente trabalho foi adotada a demanda constante como sendo a soma do volume de água necessário para suprir todos os pontos de reuso. Tomou-se essa hipótese, como o caso mais extremo, o qual considera a reutilização das demais águas residuárias inviável em relação ao custo-benefício.
- **Área de captação:** Compreende a metragem quadrada da projeção dos telhados, conforme a NBR 10844/1989.
- **Volume mensal de chuva:** Representa a quantidade de chuva mensal disponível para a captação. Calcula-se pela multiplicação da chuva média mensal, em metros cúbicos, pela área de captação e pelo coeficiente de Runoff (coeficiente de escoamento).
- **Volume Demandado – Volume de chuva:** A interpretação do valor negativo, após a subtração, indica que há excesso de água e o sinal positivo indica que

o volume de demanda, nos meses correspondentes, supera o volume de água disponível.

- **Volume do reservatório:** Considerando a hipótese inicial do reservatório estar cheio, o preenchimento desta coluna consiste em somar os valores da coluna anterior, começando a soma apenas no primeiro valor positivo, prosseguindo até que o valor se anule. O volume máximo obtido corresponde ao valor reservatório para regularizar a demanda constante.
- **Situação do Reservatório:** O preenchimento da coluna 8 é feito usando as letras E, D e S sendo:

E = Água escoando pelo extravasor;

D = Nível de água baixando;

S = Nível de água subindo.

3.6.1.4. Dispositivo de autolimpeza

Existem dispositivos para autolimpeza baseados no peso da água, em boia e no volume. Para determinação do volume do reservatório de descarte pode-se utilizar a relação de 1 litro de água / m² de área coletada (TOMAZ, 2009).

Na presente pesquisa, optou-se por utilizar o dispositivo para autolimpeza baseado no peso da água. Basicamente hidráulico, seu funcionamento é bastante simples, em que a água somente será destinada ao reservatório de água de chuva após o reservatório de autolimpeza estar cheio, conforme Figura 13. Na mesma Figura 13, também é indicada a presença de um registro de gaveta, que possibilita o acionamento manual do sistema de descarte pelo usuário.

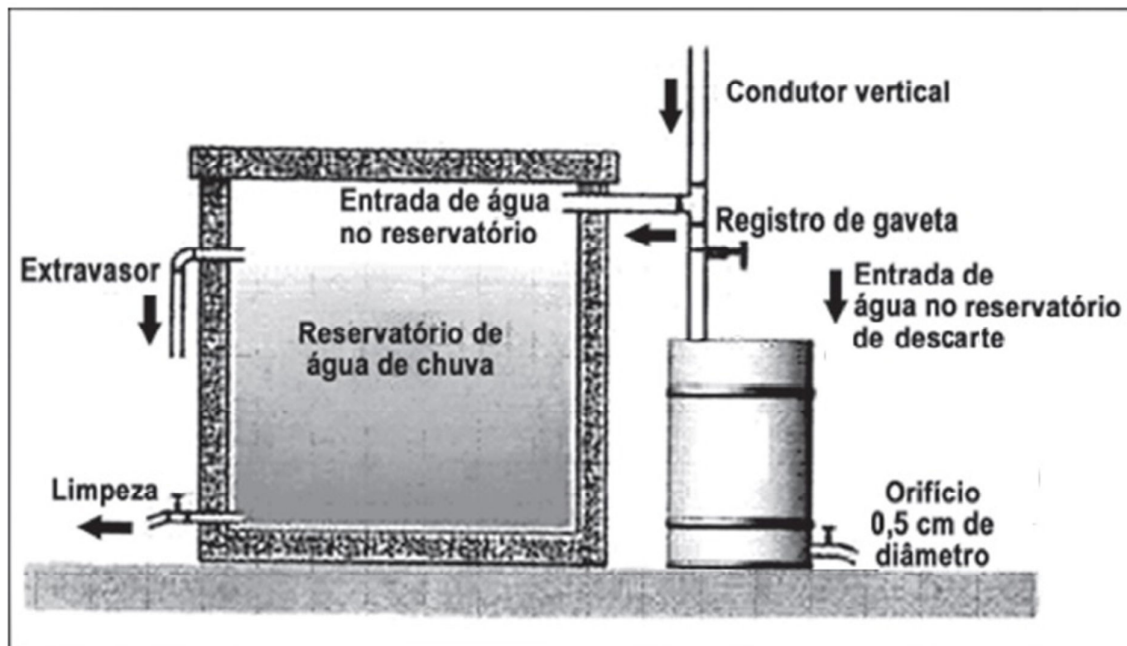


Figura 13 – Sistema de autolimpeza ou descarte.

Fonte: Adaptado de Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, 2006.

3.6.1.5. Tratamento

No que diz respeito a águas pluviais, o descarte das primeiras águas já é considerado um tratamento. Dependendo da qualidade requerida pelo uso dessa água, pode-se adotar ou não um tipo de tratamento mais aprimorado (COSCARELLI, 2010).

Consta na NBR 13969/1997 que o grau de tratamento para uso múltiplo de esgoto tratado é definido, regra geral, pelo uso mais restritivo quanto à qualidade de esgoto tratado.

Hagemman (2009) afirma que o manual de conservação e reúso da água em edificações especifica as condições mínimas e padrões de qualidade da água de reúso, subdividindo sua utilização em 4 classes, sendo que a classe 1 a mais restritiva quanto à qualidade das águas residuárias.

Portanto, o método adotado para a escolha ou não de um tipo de tratamento mais aprimorado foi baseado na comparação da caracterização da qualidade da água pluvial ofertada com a qualidade requerida pelos usos de classe 1, definidos por Hagemman (2009).

Caso o descarte das primeiras águas não seja suficiente para oferecer a qualidade requerida pelos reúso propostos, Santos (2002) recomenda o filtro de areia seguido de desinfecção como alternativa para redução de impurezas, como cor e turbidez, e microrganismos presentes.

Barcellos e Felizzato (2005) apresentaram, conforme o Quadro 13, resultados comparativos entre a água pluvial bruta e a água pluvial tratada através de um filtro de areia convencional para uso doméstico com 3,66 m de comprimento e 1,33 m de diâmetro, com granulometria do meio filtrante variando de 2,0 a 4,8 cm.

Parâmetros/Pontos	Água Bruta	Água Tratada
Alcalinidade (mg/L de CaCO ₃)	21 - 29	34 - 40
pH	6,2 - 6,7	6,7 - 9,8
Cor (uH)	66 - 152	63 - 104
Turbidez (uT)	1,9 - 9,68	1,2 - 4,36
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	32,7 - 54,3	32,5 - 50,9
Condutividade (mS/cm)	65,4 - 108,5	65,0 - 85,7
Sólidos Suspensos (mg/L)	1,0 - 66,0	0 - 2,4
Sólidos Totais (mg/L)	64 - 225	58 - 95
DBO (mg/L)	12,0 - 28,0	4,0 - 20,0
Coliforme Fecal (NMP/100mL)	91 - 365	12,5 - 43,1

Quadro 13– Resultados da água de chuva tratada com filtro de areia.

Fonte:Barcellos e Felizzato, 2005 (apud COSCARELLI, 2010).

3.6.1.6. Filtro de areia

O dimensionamento do filtro de areia deve seguir as características construtivas dispostas na NBR 13.969/97 garantindo manutenção da condição aeróbia no seu interior e a alternância de uso. Para o cálculo da área superficial, Equação 3, a taxa de aplicação deve ser limitada a 100 L/dia.m² quando os efluentes convergem imediatamente do tanque séptico e 200 L/dia.m² para efluente do processo aeróbio de tratamento. Caso a temperatura média do esgoto seja inferior à 10 °C, as taxas devem ser limitadas a 50 L/dia.m² e 100 L/dia.m², respectivamente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997).

$$A = \frac{Q}{T_a} \quad (3)$$

Em que:

A= Área superficial necessária, em m²;

Q= Vazão dos efluentes considerados;

T_a= Taxa de aplicação de efluente adotada.

Para o calculo do diâmetro do filtro, lança-se mão da Equação 4.

$$D = \left(\frac{A \times 4}{\pi}\right)^{1/2} \quad (4)$$

Em que:

D= Diâmetro, em m;

A= Área superficial, em m².

3.6.1.7. Desinfecção

O tratamento terciário tem como principal objetivo inativar seletivamente espécies patogênicas de organismos presentes no esgoto sanitário (PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO, 2006).

Na NBR 13.969/97 é salientado que todos os efluentes que possuam como destino final corpos receptores superficiais, galerias de águas pluviais ou reúso, devem, obrigatoriamente, sofrer desinfecção. Apresentam-se como alternativas para a desinfecção o processo de gotejamento de hipoclorito de sódio e a utilização de pastilhas de hipoclorito de cálcio. O menor tempo de detenção hidráulica para a cloração deve ser de 30 minutos e o esgoto clorado deve apresentar concentração de cloro livre de no mínimo 0,5 mg/L (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997).

3.6.1.8. Sistema de bombeamento

De acordo com a NBR 15527/07, para o dimensionamento do sistema de bombeamento devem ser observadas as recomendações das tubulações de sucção e recalque, velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto motor-bomba (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007).

- Vazão de recalque

Pierezan (2005) determina a vazão de recalque através do cálculo da Equação 5.

$$Q_{\text{rec}} = \frac{CD}{NF} \quad (5)$$

Em que:

Q_{rec} = vazão de recalque (m^3 / h);

CD = consumo diário de água não potável (m^3 / dia)

NF = número de horas de funcionamento da bomba;

- Diâmetro de recalque e sucção

Roggia (2007) calculou diâmetro de recalque utilizando a fórmula de Forchmeir, conforme Equação 6.

$$D_{\text{rec}} = 1,3 \times (Q_{\text{rec}}^{1/2}) \times X^{1/4} \quad (6)$$

Em que:

D_{rec} = diâmetro de recalque (m);

Q_{rec} = vazão de recalque (m^3 / s);

X = número de horas de funcionamento sobre 24 horas diárias.

Na NBR 5626/98 é recomendado adotar 6 como o número de horas de funcionamento da bomba. Para o diâmetro de sucção adota-se valor imediatamente superior ao estabelecido para o recalque (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998).

- Altura manométrica

Coscarelli (2010) utiliza a seguinte sequência de cálculos para a determinação da altura manométrica total, conforme as Equações 7 a 11.

$$H_{\text{man}} = H_{\text{man,rec}} + H_{\text{man,suc}} \quad (7)$$

Em que:

H_{man} = altura manométrica total (m);

$H_{\text{man,rec}}$ = altura manométrica de recalque (m);

$H_{\text{man,suc}}$ = altura manométrica de sucção (m).

$$H_{\text{man,rec}} = H_{\text{rec}} + \Delta H_{\text{rec}} \quad (8)$$

Em que:

H_{rec} = desnível entre a bomba e o ponto mais alto do recalque (m);

ΔH_{rec} = perda de carga do recalque.

$$\Delta H_{\text{rec}} = j_{\text{rec}} \times L_{\text{trec}} \quad (9)$$

Em que:

j_{rec} = perda unitária no recalque;

L_{trec} = comprimento real da tubulação mais os comprimentos equivalentes.

$$H_{\text{man,suc}} = H_{\text{suc}} + \Delta H_{\text{suc}} \quad (10)$$

$H_{\text{man,suc}}$ = altura manométrica de sucção (m);

H_{suc} = desnível entre a bomba e o ponto mais alto da sucção (m);

ΔH_{suc} = perda de carga na sucção.

$$\Delta H_{\text{suc}} = j_{\text{suc}} \times L_{\text{tsuc}} \quad (11)$$

Em que:

j_{suc} = perda unitária na sucção;

L_{tsuc} = comprimento real da tubulação de sucção mais os comprimentos equivalentes.

- Seleção da bomba

De posse do valor da altura manométrica total e a vazão de recalque, utiliza-se o catálogo do fornecedor para a determinação do tipo e potência da bomba.

3.6.1.9. Sistema de bombeamento

Na NBR 15527/07 é recomendado que deve-se realizar manutenção em todo o sistema de reaproveitamento da água pluvial conforme frequências apresentadas no Quadro 14.

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

Quadro 14 – Frequência de manutenção.

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007.

3.6.2. Dimensionamento do sistema de reúso das águas cinzas

A presença de sólidos grosseiros nas águas cinzas, embora de dimensões reduzidas devido à presença de ralos e grelhas nas instalações hidrosanitárias, impõem a necessidade de uma etapa de tratamento primário. A remoção destes sólidos pode ser realizada por meio de grades finas ou peneiras, associadas a caixas de gorduras (caso houver aproveitamento da água cinza originária da cozinha).

Uma sequência recomendada para os tratamentos secundários e terciários das águas cinzas pode ser composta por um tanque séptico, seguido por um filtro anaeróbio, filtro de areia e, por fim, um processo de desinfecção (CHERNICHARO *et al.*, 2006).

Na NBR 13.969/97 é exibido, através do Quadro 15, as prováveis faixas de remoção de poluentes considerando os tratamentos citados em conjunto com o tanque séptico, sendo os valores limites inferiores referentes à temperaturas inferiores à 15 °C e os limites superiores referentes à temperaturas superiores à 25 °C (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997).

Parâmetro	Filtro Anaeróbio (%)	Filtro de Areia (%)
DBO	40 a 75	50 a 85
DQO	40 a 70	40 a 75
SNF	60 a 90	70 a 95
Sólidos Sedimentáveis	70 ou mais	100
Nitrogênio Amoniacoal	-	50 a 80
Nitrato	-	30 a 70
Coliformes Fecais	-	99 ou mais

Quadro 15 – Faixas prováveis de remoção de poluentes.
Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997.

3.6.2.1. Gradeamento

O tratamento preliminar possui como objetivo a remoção de sólidos grosseiros, que possam oferecer riscos aos dispositivos subsequentes do tratamento, como tubulações, bombas e filtros. Essa primeira unidade no processo de tratamento pode ser composta por peneiras ou grades, isoladas ou em composição, para buscar um menor espaçamento (POLIDO, 2013).

As grades de barras são classificadas em grosseiras, médias, finas e ultrafinas, em função do tipo de material que se deseja reter. De maneira geral os tipos de grades e seus espaçamentos podem ser exemplificados de acordo com o Quadro 16, podendo variar entre autores de países distintos (POLIDO, 2013).

Espaçamento entre as barras	
Tipo de Grade	mm
Grosseiras	40 a 100
Médias	20 a 40
Finas	10 a 20
Ultrafinas	3 a 10

Quadro 16 – Classificação do gradeamento.
Fonte: Jordão e Pessoa (2005).

As barras deverão ser suficientemente robustas para suportar os impactos e esforços devidos a procedimentos operacionais, além de resistirem à degradação química, assim, recomenda-se a utilização de materiais como aço inoxidável, alumínio, fibra de vidro e plásticos especiais.

A inclinação das barras, em relação a horizontal, deve estar entre 30° e 45°, para grades grosseiras, e entre 45° e 60°, para de grades médias e finas, para facilitar a operação de limpeza, que podem ser manuais ou mecanizados.

A partir da vazão obtida pela oferta de água residuária, os métodos convencionais de dimensionamento mostram-se pouco aplicáveis, portanto adota-se para o sistema de gradeamento, a construção de uma caixa de passagem, na qual foram inseridas grades para reter materiais acima de 25 mm.

Em série ao gradeamento é instalada uma caixa de gordura, DN 100, para impedir que a gordura entre no sistema, afim de não provocar entupimento e colapso no sistema de tratamento.

3.6.2.2. Tanque séptico

Os tanques sépticos são atraentes devido às suas características de construção e operação simplificadas. O reator desempenha funções simultâneas de decantação, sedimentação, flotação dos sólidos e também realiza a desagregação e digestão dos sólidos sedimentados e do material flutuante.

As orientações construtivas e técnicas para projeto, operação e manutenção dos tanques sépticos estão descritas na NBR 7.229/93. O dimensionamento do volume útil do tanque deve atender a Equação 12 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1993).

$$V = 1000 + N \times [C \times T + (K \times Lf)] \quad (12)$$

Em que:

V= Volume útil, em L;

N= Número de pessoas ou unidade de contribuição;

C= Contribuição de despejos, em L/pessoa.dia;

T= Período de detenção, em dias;

K= Taxa de acumulação de lodo digerido, em dias;

Lf= Contribuição de lodo fresco, em L/hab.dia.

Na Figura 14 é apresentado o princípio de funcionamento de um tanque séptico.

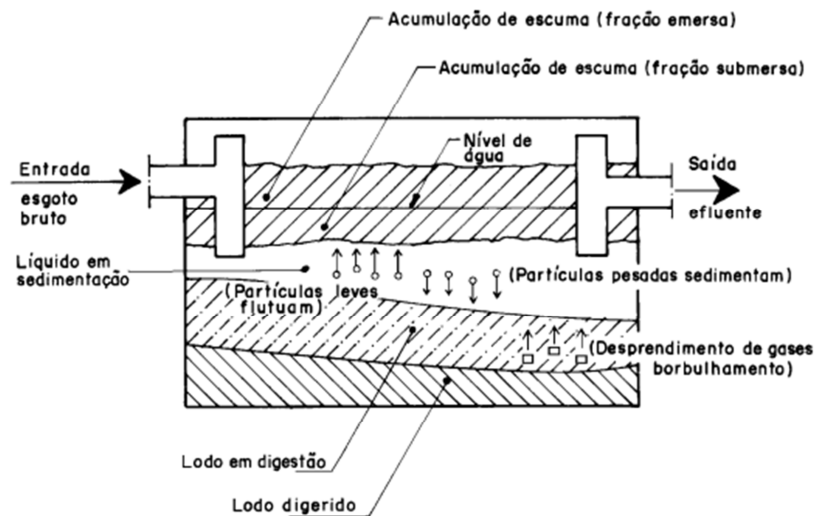


Figura 14– Funcionamento geral de um tanque séptico
Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993.

3.6.2.3. Filtro Anaeróbio

Definido como reator biológico em que o esgoto é depurado através de microrganismos anaeróbios presentes nos espaços vazios e na superfície do material inerte que constitui o material filtrante. As orientações construtivas e para a operação e manutenção dos filtros anaeróbios estão descritas na NBR 13.969/97. O dimensionamento do valor útil deve atender a Equação 13 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997).

$$V_u = 1,6 \times N \times C \times T \quad (13)$$

Em que:

V_u = Volume útil do leito filtrante, em L;

N = Número de contribuintes;

C = Contribuição de despejos, em L/hab.dia;

T = Tempo de detenção hidráulica, em dias.

A Figura 15 exibe a disposição de um filtro anaeróbio.

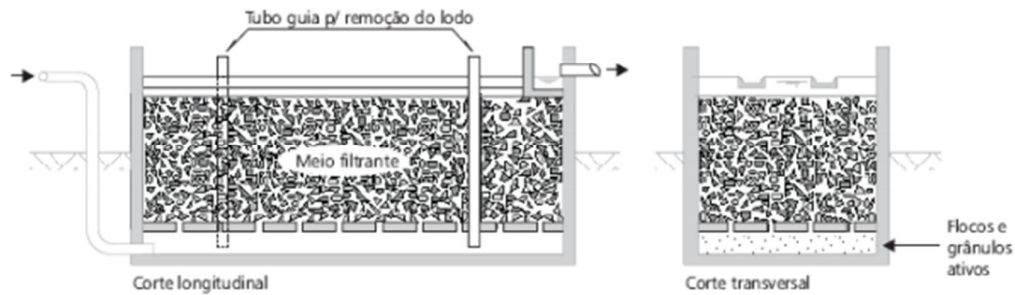


Figura 15– Disposição de um filtro anaeróbio.
Fonte: Sella, 2011.

3.6.2.4. Filtro de Areia

O dimensionamento do filtro de areia para as águas cinzas é análogo à metodologia aplicada para a água pluvial, descrito no item 3.6.1.6.

3.6.2.5. Desinfecção

A solução para a desinfecção das águas cinzas é análoga à da água pluvial, descrita no item 3.6.1.7.

3.6.3. Dimensionamento do sistema de reúso das águas negras

Para o tratamento de esgotos de uma residência, onde foi realizada a coleta de águas negras, três opções podem ser propostas: Tanque séptico seguido de filtro anaeróbio; Tanque séptico seguido de filtro de areia e disposição no solo e Reator anaeróbio compartimentado seguido de alagados construídos (PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO, 2006).

Para o presente estudo de caso, foi adotada a composição entre o tanque séptico seguido de filtro de areia, com a posterior disposição do efluente no solo, aproveitando o seu potencial de reciclagem de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, para a fertirrigação.

A aplicação de esgotos sanitários para a fertirrigação requer adequada seleção de culturas. O Quadro 17 apresenta as concentrações adequadas de cada nutriente para algumas espécies vegetais.

Culturas	mg/L					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Tomate	98	21	156	60	56	38
Pimentão	126	28	234	60	42	42
Pepino	182	33	234	140	112	30
Melão	182	41	234	140	84	42
Alface	110	16	156	40	28	24
Agrião	110	11	195	40	28	24
Rosa	117	25	276	72	112	32
Cravo	124	32	78	120	84	42

Quadro 17 – Concentração de nutrientes para diversas culturas

Fonte: Adaptado de Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, 2006

Um dos principais requisitos para o uso do efluente tratado como solução nutritiva é a ausência, ou presença em baixas concentrações, de sólidos em suspensão, pois estes prejudicam a oxigenação das plantas, e baixos teores de matéria orgânica biodegradável, além da ausência de coliformes e microrganismos patogênicos.

O sistema de infiltração no solo é subsuperficial, em que, por gravidade, a solução nutritiva percorre o condutor horizontal até a área da cultura e infiltra no solo através de orifícios deixados no condutor. A Figura 16 exemplifica o sistema subsuperficial.

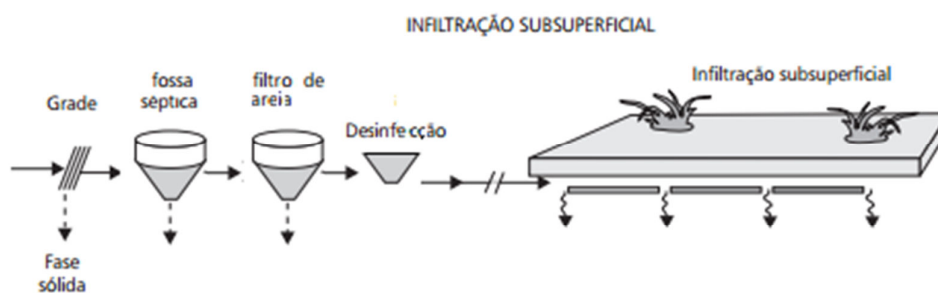


Figura 16 – Infiltração subsuperficial.

Fonte: Adaptado de Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, 2006

3.6.3.1. Tanque séptico

O dimensionamento do tanque séptico para as águas negras é análogo ao dimensionamento para as águas cinzas, descrito no item 3.6.2.2.

3.6.3.2. Filtro de areia

O dimensionamento do filtro de areia para as águas negras é análogo à metodologia aplicada para a água pluvial, descrito no item 3.6.1.6.

3.6.3.3. Desinfecção

A solução para a desinfecção das águas negras é análoga à da água pluvial, descrita no item 3.6.1.7.

4. RESULTADOS

4.1. DEMANDA DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS – USOS EXTERNOS E INTERNOS

A demanda diária de água nos usos internos e externos obtida através da soma dos pontos de reutilização, de acordo com as premissas levantadas no item 3.3., é apresentada no Quadro 18.

USOS	VAZÃO DA DEMANDA (L/dia)
Bacia Sanitária	129,60
Máquina de Lavar Roupa	89,60
Rega de Jardim	75,34
Lavagem de Veículos	10,00
Lavagem de Calçada	8,33
TOTAL	312,87

Quadro 18 – Demanda de água na residência.
Fonte: Autoria própria.

4.2. OFERTA DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS

4.2.1. Águas negras

A oferta de água negra refere-se ao efluente da bacia sanitária. O consumo de água da bacia sanitária, aplicado ao modelo Monte Carlo – Deca, está exposto no Quadro 19.

Bacia Sanitária	
Uso Diário	5 descargas/hab
Volume de água	6,00 L/descarga
Possíveis vazamentos	8%
Volume diário de água	129,60 L/dia

Quadro 19– Consumo de água da bacia sanitária.
Fonte: Autoria própria.

4.2.2. Águas cinzas

O cálculo da oferta das águas cinzas foi dividido em duas etapas:

- Efluente da máquina de lavar roupa;
- Efluente do lavatório; chuveiro; pia da cozinha e tanque.

O consumo de água da máquina de lavar roupa, referente ao modelo BWC08A – Brastemp, consta no Quadro 20.

Máquina de Lavar Roupa	
Uso Diário	0,20 ciclos/hab
Volume por ciclo	112,00 L
Volume de água	89,60 L/dia

Quadro 20 – Consumo de água da máquina de lavar roupa.
Fonte: Autoria própria.

Para cálculo das demais águas residuárias, foi determinado o volume de esgoto gerado na residência, obtido através da aplicação do coeficiente de retorno na soma do consumo de água dos moradores, conforme Quadro 21.

Consumo <i>per capita</i>	138,00 L/hab.dia
Habitantes	4hab
Consumo da residência	552,00 L/dia
Coeficiente de retorno	0,80
Esgoto gerado na residência	441,60 L/dia

Quadro 21 – Volume de esgoto gerado na residência.
Fonte: Autoria própria.

Ao fazer uso da discriminação do esgoto doméstico brasileiro através do estudo da Universidade de São Paulo, as águas cinzas geradas no lavatório, chuveiro, pia da cozinha e tanque são exibidos no Quadro 22.

Aparelho	Participação	Vazão (L/dia)
Lavatório	6%	26,50
Chuveiro	28%	123,65
Pia de cozinha	22%	97,15
Tanque	6%	26,50

Quadro 22 – Volume de esgoto gerado por aparelhos.
Fonte: Autoria própria.

Em síntese, a geração das águas residuárias da residência são apresentadas no Quadro 23.

Água Residuária	Aparelho	Vazão (L/dia)
Águas negras	Bacia Sanitária	129,60
Águas cinzas	Máquina de Lavar Roupas	89,60
	Lavatório	26,50
	Chuveiro	123,65
	Pia de Cozinha	97,15
	Tanque	26,50

Quadro 23 – Oferta de água residuária.

Fonte: Autoria própria.

4.3. QUALIDADE DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS

4.3.1. Águas negras

Galbiati (2009) expõe a caracterização dos parâmetros de pH, turbidez, DBO, DQO, fósforo, sólidos suspensos totais e coliformes fecais para as águas negras, apresentados no Quadro 24.

PARÂMETRO	QUALIDADE
pH	7,84
Turbidez	90 - 289 UNT
DBO	1.893 mg/L
DQO	6.619 mg/L
Fósforo	54,46 mg/L
Sólidos Suspensos totais	70 - 220 mg/L
Coliformes Totais	$1,5 \times 10^9$ NMP/100mL

Quadro 24 – Caracterização das águas negras.

Fonte: Autoria própria.

Rebello (2011) complementa que a cor das águas negras é da ordem de 411,8 UH, enquanto Passamani (1999) destaca o valor médio de coliformes fecais presente nas águas negras na ordem de $4,0 \times 10^8$ NMP/100 mL.

4.3.2. Águas cinzas

A partir de pesquisa realizada pela Universidade Federal do Espírito Santo (2005) *apud* Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (2006), a caracterização dos parâmetros pH, turbidez, DBO, fósforo e sólidos suspensos totais das águas cinzas, apresentam os resultados expostos no Quadro 25.

PARÂMETRO	QUALIDADE
pH	5,99 - 7,58
Turbidez	90 - 289 UNT
DBO	425 - 725 mg/L
Fósforo	1,10 - 13,20 mg/L
Sólidos Suspensos totais	70 - 220 mg/L

Quadro 25 – Caracterização das águas cinzas.

Fonte: Autoria própria.

Rebello (2011) completa expondo que a cor das águas cinzas é da ordem de 70 - 170,7 UH. Cohim *et al.* (2007) citam que a presença de sólidos dissolvidos totais é por volta de 434 - 720 mg/L; Borges (2003) *apud* Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (2006) relata que a presença de coliformes fecais nas águas cinzas é da ordem de 2 - $1,6 \times 10^7$ NMP/100mL.

4.3.3. Água pluvial

Budel (2014) disserta sobre a caracterização qualitativa das águas pluviais em Curitiba-PR, apresentando valores para os parâmetros de pH, turbidez, coliformes totais, coliformes fecais, DBO, DQO, cor e fósforo, exibidos no Quadro 26.

PARÂMETRO	QUALIDADE
pH	5,30 - 6,70
Turbidez	0,02 - 3,22 UNT
DBO	1,3 mg/L
DQO	19,00 - 55,00 mg/L
Fósforo	0,6 - >30 mg/L
Cor	≤ 10 UH
Coliformes Totais	<18 - 330 NMP/100mL
Coliformes Fecais	0 - <18 NMP/100mL

Quadro 26 – Caracterização das águas pluviais

Fonte: Autoria própria.

Zattoni (2011) complementa que a presença de sólidos totais, em média, pode chegar a 27,80 mg/L.

Em resumo, a caracterização qualitativa das águas residuárias obtidas no presente estudo é apresentada no Quadro 27.

PARÂMETRO	ÁGUA PLUVIAL	ÁGUAS CINZAS	ÁGUAS NEGRAS
pH	5,30 - 6,70	5,99 - 7,58	7,84
Turbidez	0,02 - 3,22 UNT	90 - 289 UNT	90 - 289 UNT
DBO	1,3 mg/L	425 - 725 mg/L	1.893 mg/L
DQO	19,00 - 55,00 mg/L	-	6.619 mg/L
Coliformes Totais	<18 - 330	-	$1,5 \times 10^9$ NMP/100mL
Coliformes Fecais	0 - <18 NMP/100mL	2 - $1,6 \times 10^7$ NMP/100mL	$4,0 \times 10^8$ NMP/100mL
Cor	10 UH	70 - 170,7 UH	411,8 UH
Fósforo	0,6 - >30 mg/L	1,10 - 13,20 mg/L	54,46 mg/L
Sólidos Totais	27,8 mg/L	-	-
Sólidos Suspensos	-	70 - 220 mg/L	70 - 220 mg/L
Sólidos Dissolvidos	-	434 - 720 mg/L	-

Quadro 27 – Quadro resumo da qualidade das águas residuárias

Fonte: Autoria própria.

4.4. MODIFICAÇÕES TÉCNICAS E CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO

No Quadro 28, melhor visualizado no Apêndice B, estão relacionados os parâmetros quantitativos e qualitativos obtidos no presente estudo de caso. A partir desse, observa-se que os volumes de águas cinzas e pluviais ofertadas são capazes de suprir a demanda dos reúsos propostos. Entretanto, nos parâmetros qualitativos a água residuária que mais se aproxima à qualidade requerida pelo reúso é a água pluvial. Ainda assim, serão dimensionados os sistemas de reúso baseados nas águas pluviais e nas águas cinzas separadamente, avaliando os respectivos custos-benefícios. As águas negras, além de fósforo, são compostas por grande quantidade de nutrientes o que proporciona sua reutilização, sobretudo, na fertilização do solo, conforme será dimensionado posteriormente.

ÁGUA RESIDUÁRIA		PLUVIAL	ESGOTOS DOMÉSTICOS		
			ÁGUAS CINZAS	ÁGUAS NEGRAS	
ÁGUA CAPTADA	OFERTA	(L/dia)	312,88	363,39	129,60
	QUALIDADE	(Caracterização)	pH 5,30 - 6,70 Turbidez: 0,02 - 3,22 UNT CF*(NMP/100mL): 0 - <18 CT*(NMP/100mL): <18 - 330 DBO: 1,3 mg / L DQO: 19,00 - 55,00 mg / L Cor: ≤ 10 UH Fósforo: 0,6 - >30 mg / L Sólidos totais: 27,8 mg / L	pH 5,99 - 7,58 Turbidez: 90 - 289 UNT CF*(NMP/100mL): 2 - 1,6x[10] ⁴ (7) Cor: 70 - 170,7 UH DBO: 425 - 725 mg / L Fósforo: 1,10 - 13,20 mg / L Sólido suspenso total: 70 - 220 mg / L Sólido dissolvido total: 434 - 720 mg / L	pH 7,84 Turbidez: 90 - 289 UNT CF*(NMP/100mL): 4x[10] ⁴ (8) CT*(NMP/100mL): 1,5x[10] ⁴ (9) Cor: 411,8 UH DBO: 1.893 mg / L DQO: 6619 mg / L Fósforo: 54,46 mg / L Sólido suspenso total: 70 - 220 mg / L
VASO SANITÁRIO	DEMANDA	(L/dia)	129,60		
	QUALIDADE	CLASSE I	pH: 6 - 9 Turbidez: ≤2 UNT Coliformes fecais (NMP/100mL): Não detectável Cor: ≤ 10 UH DBO: ≤10 mg / L Fósforo: ≤ 0,1 mg / L Sólido suspenso total: ≤ 5 mg / L		
LAVAGEM DE CALÇADA	DEMANDA	(L/dia)	8,33		
	QUALIDADE	CLASSE I	pH: 6 - 9 Turbidez: ≤2 UNT Coliformes fecais (NMP/100mL): Não detectável Cor: ≤ 10 UH DBO: ≤10 mg / L Fósforo: ≤ 0,1 mg / L Sólido suspenso total: ≤ 5 mg / L		
LAVAGEM DE VEÍCULOS	DEMANDA	(L/dia)	10,00		
	QUALIDADE	CLASSE I	pH: 6 - 9 Turbidez: ≤2 UNT Coliformes fecais (NMP/100mL): Não detectável Cor: ≤ 10 UH DBO: ≤10 mg / L Fósforo: ≤ 0,1 mg / L Sólido suspenso total: ≤ 5 mg / L Sólido dissolvido total: ≤ 500 mg / L		
MÁQUINA DE LAVAR ROUPA	DEMANDA	(L/dia)	89,60		
	QUALIDADE	CLASSE I	pH: 6 - 9 Turbidez: ≤2 UNT Coliformes fecais (NMP/100mL): Não detectável Cor: ≤ 10 UH DBO: ≤10 mg / L Fósforo: ≤ 0,1 mg / L Sólido suspenso total: ≤ 5 mg / L Sólido dissolvido total: ≤ 500 mg / L		
REGA DE JARDIM	DEMANDA	(L/dia)	75,34		
	QUALIDADE	CLASSE III	pH: 6 - 9 Turbidez: ≤5 UNT Coliformes fecais (NMP/100mL): 200 Cor: ≤ 30 UH DBO: ≤20 mg / L Cloro residual: ≤ 1,0 mg / L Sólido suspenso total: ≤ 3 mg / L		
TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO	DEMANDA	(L/dia)	129,60		
	QUALIDADE	-	-		

Quadro 28 – Compatibilização da oferta e demanda das águas residuárias.

Fonte: Autoria própria.

4.4.1. Dimensionamento do sistema de reuso da água pluvial

4.4.1.1. Calha

Os resultados das vazões nas calhas dos telhados 1 e 2, obtidos através da Equação 1, constam no Quadro 29.

Telhado 1	
Intensidade pluviométrica	222,20 mm/h
Área de contribuição	34,2 m ²
Vazão na calha 1	126,65 L/min
Telhado 2	
Intensidade pluviométrica	222,20 mm/h
Área de contribuição	85,02 m ²
Vazão na calha 2	314,86 L/min

Quadro 29 – Resultados da vazão nas calhas.

Fonte: Autoria própria.

Em seguida, adotaram-se para as calhas 1 e 2 as seguintes dimensões: 10 cm de altura e 20 cm de largura, perfis retangulares de metal não ferroso. No Quadro 30 são apresentados os valores das variáveis determinantes para a verificação da vazão obtida na fórmula de Manning.

Área da seção molhada (m ²)	0,02
Coefficiente de rugosidade	0,011
Raio hidráulico (m)	0,05
Declividade (%)	0,5%
Perímetro molhado (m)	0,4

Quadro 30 – Determinantes para a verificação das calhas

Fonte: Autoria própria.

As verificações das calhas adotadas se deram através da vazão de 1046,94 L/min obtida na Equação 2.

4.4.1.2. Condutores

Os condutores verticais foram adotados conforme o método prático apresentado no Quadro 12, no qual, inicialmente converteram-se as vazões nas calhas, apresentadas no Quadro 27 (L/s). Posteriormente, compararam-se as vazões obtidas com o diâmetro adotado por Botelho e Ribeiro (1998). O diâmetro adotado para os condutores verticais é apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Condutores verticais.

Calha	Vazão (L/s)	Condutores verticais (mm)
Calha 1	2,11	100
Calha 2	5,25	100

Fonte: Autoria própria.

O dimensionamento dos condutores horizontais foi executado conforme a Tabela 4, apresentados na NBR 10844/89. Os diâmetros obtidos para o coeficiente de rugosidade 0,011 e declividade de 0,5% são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Condutores horizontais.

Calha	Vazão (L/min)	Condutores Horizontais (mm)
Calha 1	126,65	100
Calha 2	314,86	100

Fonte: Autoria própria.

4.4.1.3. Reservatório

O cálculo do volume do reservatório de água da chuva foi realizado utilizando o método analítico de Rippl, para demanda constante e coeficiente de Runoff de 0,8, em conformidade com a Tabela 5 do item 3.6.1.3, apresentado no Quadro 31.

Meses (1990 - 2014)	Chuva média mensal (mm)	Demand a constant e mensal (m³)	Área de captação (m²)	Volume mensal de chuva (m³)	Volume demandado – volume de chuva (m³)	Volume do reservatório (m³)	Situação do Reservatório
Janeiro	215,20	9,39	119,22	20,52	-11,13	-	E
Fevereiro	180,50	9,39	119,22	17,22	-7,83	-	E
Março	153,50	9,39	119,22	14,64	-5,25	-	E
Abril	86,70	9,39	119,22	8,27	1,12	1,12	D
Maio	84,40	9,39	119,22	8,05	1,34	2,46	D
Junho	90,50	9,39	119,22	8,63	0,76	3,22	D
Julho	109,60	9,39	119,22	10,45	-1,06	2,16	S
Agosto	84,90	9,39	119,22	8,10	1,29	3,45	D
Setembro	137,60	9,39	119,22	13,12	-3,73	-	E
Outubro	149,40	9,39	119,22	14,25	-4,86	-	E
Novembro	115,70	9,39	119,22	11,04	-1,65	-	E
Dezembro	144,40	9,39	119,22	13,77	-4,38	-	E
TOTAL	1.552,40	112,68		148,06			

Quadro 31 – Dimensionamento do reservatório

Fonte: Autoria própria.

Consideraram-se as médias mensais das chuvas durante os anos de 1990 a 2014, disponíveis no Sistema de Informações Hidrológicas do Instituto de Águas do Paraná.

O volume máximo obtido pelo método de Rippl, para regularizar a demanda constante de 9,39 m³/mês é de 3,45 m³, distribuído entre o reservatório inferior (60%) e o reservatório superior (40%), da seguinte forma:

Reservatório Inferior = 2.070 L, aproximados para 3.000 L por razões comerciais;

Reservatório Superior = 1.380 L, aproximados para 2.000 L por razões comerciais.

4.4.1.4. Dispositivo de autolimpeza

Para dimensionamento do reservatório de autolimpeza utilizou-se a relação de 1 L de água / m² de área coletada, resultando em volume total de 119,2 L. Por motivos comerciais, optou-se por adotar um reservatório de 50 L para a água oriunda da Calha 1 e um de 100 L para a água oriunda da Calha 2.

4.4.1.5. Filtro de areia

Para dimensionamento do filtro de areia considerou-se:

- $Q = 312,88$ L/dia
- $T_a = 100$ L/m²

$$A = \frac{312,88}{100}$$

A área superficial do filtro de areia corresponde a 3,13m² e o diâmetro 2,00 m. As alturas das camadas de brita e areia são de, no mínimo, 0,15 m e 0,70 m, respectivamente. O material filtrante é composto por areia com diâmetro efetivo na faixa de 0,25 mm a 1,2 mm, com coeficiente de uniformidade inferior a 4.

4.4.1.6. Bombeamento

- Vazão de recalque

O cálculo da vazão de recalque foi realizado através a Equação 5, para o consumo diário e número de horas de funcionamento da bomba de 0,313 m³/dia e 6 h, respectivamente, resultando em 0,000014 m³/s de vazão.

- Diâmetro de recalque e sucção

O resultado do dimensionamento da tubulação de recalque, executado utilizando a Equação 6, é apresentado no Quadro 32.

Q	0,000014 m ³ /s
NF	0,25 horas
Diâmetro	3,439477 mm
Diâmetro de recalque adotado	20 mm
Diâmetro de sucção adotado	25 mm

Quadro 32 – Tubulação de recalque e sucção
Fonte: Autoria própria.

- Altura manométrica

O desenvolvimento do cálculo da altura manométrica total, através das Equações 7 a 11, é exposto no Quadro 33.

Recalque	Hrec	5,4 mca
	jrec	0,003272287 kPa/m
	Lrec	8,9 m
	Δ hrec	0,029123352 mca
	Hman, rec	5,429123352 mca
Sucção	jsuc	0,00113378 kPa/m
	Lsuc	2,2 m
	Δ hsuc	0,002494316 mca
	Hsuc	1mca
	Hman,suc	1,002494316 mca
	Hman total	6,43 mca

Quadro 33 – Altura manométrica

Fonte: Autoria própria.

- Seleção da bomba

Adotando-se o 50% como sendo o valor para o rendimento da bomba, a potência do motor, calculada através da Equação 13, é apresentada no Quadro 34.

$$N = \frac{1000 \times Q \times H_{man}}{75 \times \eta} \quad (13)$$

Em que:

N= Potência motriz (cv);

Q_{rec} = Vazão de recalque (m³/s);

H_{man} = Altura manométrica (m);

η = rendimento.

Qrec	0,000014 m ³ /s
Hman	6,43 mca
Rendimento	50%
N cálculo	0,002 cv

Quadro 34 – Potência motriz.

Fonte: Autoria própria.

Por razões comerciais, o conjunto motor-bomba adotado, em atendimento aos valores calculados, é a bomba centrífuga 1/6 HP monofásica modelo BC 91 S da marca Schneider.

4.4.1.7. Orçamento preliminar

O orçamento preliminar do sistema de reaproveitamento da água pluvial é composto pelos custos unitários para execução do filtro de areia, reservatório inferior e reservatório superior, conforme apresentado na Tabela 8. Para elaboração do orçamento do filtro de areia, adotaram-se areia média e brita 1 como materiais filtrantes e uma caixa d'água de fibra de vidro com 3000 L e 2,06 m de diâmetro. A composição de custos do reservatório inferior, com as dimensões de 1,5 x 2,0 x 1,0 m, levou em consideração a preparação da base com lastro de concreto magro de 10 cm de espessura, estrutura de concreto armado, impermeabilização das faces internas e seus respectivos custos de mão de obra. Para o reservatório superior, adotou-se o custo total como preço de mercado de uma caixa d'água de fibra de vidro com 2000 L, conforme dimensionado anteriormente.

Tabela 8 – Orçamento preliminar do sistema de reaproveitamento da água pluvial

ITEM	PRODUÇÃO	QUANTIDADE	R\$ UNITÁRIO	R\$ TOTAL
FILTRO DE AREIA				
Caixa d'água - Fibra de vidro 3 m³ - 2,l	-	1,00 un	1343,00	1343,00
Areia média	1,00 m³ / m³	2,20 m³	85,26	187,57
Brita 1	1,00 m³ / m³	0,50 m²	75,28	37,64
TOTAL FILTRO DE AREIA				R\$ 1.568,21
RESERVATÓRIO INFERIOR				
Preparação da base				
Geotêxtil	1,10 m²/m²	3,00 m²	2,95	9,74
Areia média	0,04 m³/m²	3,00 m²	85,26	10,49
Brita 1	0,02 m³/m²	3,00 m²	75,28	4,52
Brita 2	0,04 m³/m²	3,00 m²	75,28	9,03
Cimento Portland CP II E-32	13,20 kg/m²	3,00 m²	0,48	19,01
Aditivo hidrófugo	0,10 L/m²	3,00 m²	3,5	1,05
Betoneira	0,02 h / m³	0,30 m³	0,90	0,01
Estrutura				
Chapa de compensado e = 6mm	1,20 m²/m²	17,00 m²	24,30	495,72
Areia média	0,88 m³/m³	2,00 m³	85,26	150,06
Brita 1	0,84 m³/m³	2,00 m³	75,28	126,47
Cimento Portland CP II E-32	308,00 Kg/m³	2,00 m³	0,48	295,68
Betoneira	0,31 h / m³	2,00 m³	0,90	0,56
Aço CA - 50	1,00 Kg/Kg	140,00 kg	3,63	508,20
Impermeabilização				
Areia média	0,02 m³/m²	10,00 m²	85,26	17,05
Cimento Portland CP II E-32	9,00 kg/m²	10,00 m²	0,48	43,20
Aditivo hidrófugo	0,80 L/m²	10,00 m²	3,50	28,00
Bombas				
Bomba Centrífuga 1/6 HP	-	2,00 un	524,00	1048,00
Bomba dosadora de cloro DG 500	-	1,00 un	330,00	330,00
Mão de obra				
Escavação manual				
Ajudante	4,50 h/m³	3,00 m³	4,45	60,08
Apiloamento				
Ajudante	1,50 h/m³	3,00 m³	4,45	20,03
Geotêxtil				
Ajudante	0,02 h/m²	3,00 m²	4,45	0,27
Lastro de concreto				
Ajudante	1,16 h/m²	3,00 m²	4,45	15,49
Profissional	0,40 h/m²	3,00 m²	6,28	7,54
Forma				
Ajudante	0,33 h/m²	17,00 m²	4,45	24,96
Profissional	1,33 h/m²	17,00 m²	6,28	141,99
Armação				
Ajudante	0,08 h/Kg	140,00 kg	4,45	49,84
Profissional	0,08 h/Kg	140,00 kg	6,28	70,34
Concreto				
Ajudante	6,00 h/m³	2,00 m³	4,45	53,40
Impermeabilização				
Ajudante	0,85 h/m²	10,00 m²	4,45	37,83
Profissional	1,00 h/m²	10,00 m²	6,28	62,80
TOTAL RESERVATÓRIO INFERIOR				R\$ 3.641,32
RESERVATÓRIO SUPERIOR				
Caixa d'água fibra de vidro 2000 L	-	1,00 un	787,9	787,90
TOTAL RESERVATÓRIO SUPERIOR				R\$ 787,90
TOTAL SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO ÁGUA PLUVIAL				R\$ 5.997,43

Fonte: Autoria própria.

4.4.2. Dimensionamento do sistema de reúso das águas cinzas

4.4.2.1. Gradeamento

O sistema de gradeamento contempla uma caixa de passagem, em alvenaria, com dimensões de 40x40x40 cm na qual foram inseridas barras retangulares de aço inox 304 de 3,17 mm.

Com espaçamento entre as barras de 20 mm, totalizando 17 barras horizontais e 17 inclinadas. Para as barras horizontais considerou-se o comprimento de 40 cm cada, ou seja, de parede a parede do reservatório. Em relação às barras inclinadas o comprimento de cada barra é igual à diagonal do reservatório, 56,56 cm.

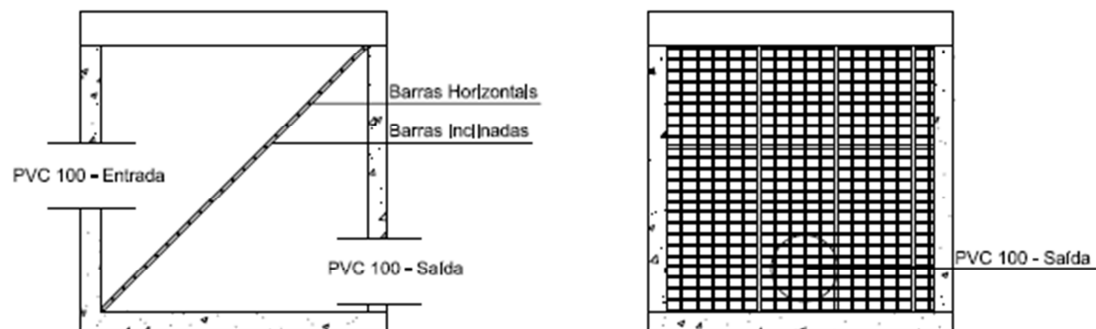


Figura 17– Detalhes do sistema de gradeamento.
Fonte: Autoria Própria.

4.4.2.2. Tanque séptico

Para dimensionamento do tanque séptico considerou-se:

- N= 4 Moradores;
- C=90,85 L/hab.dia;
- T=1 dia;
- K= 105 dias (2 anos);
- Lf=1 L/hab.dia

$$V = 1000 + 4 \times [(90,85 \times 1) + (105 \times 1)]$$

O volume útil do tanque séptico é de 1.783,40 L ou 1,78 m³, atendendo o limite mínimo e máximo de profundidade, assim como outros aspectos construtivos, da NBR 7229/93. Por critérios construtivos e comerciais, adota-se o volume útil de 2,26 m³.

4.4.2.3. Filtro anaeróbio

Para dimensionamento do filtro anaeróbio considerou-se:

- N= 4 Habitantes;
- C= 90,85 L/hab.dia;
- T= 1 dia.

$$V_u = 1,6 \times 4 \times 90,85 \times 1$$

O volume útil do filtro anaeróbio é de 581,44 L ou 0,581 m³. Por critérios construtivos e econômicos, adota-se o volume útil de 0,68 m³

4.4.2.4. Filtro de areia

Para dimensionamento do filtro de areia considerou-se:

- Q= 363,39 L/dia
- T_a= 100 L/m²

$$A = \frac{363,39}{100}$$

A área superficial do filtro de areia corresponde a 3,64 m² e o diâmetro 2,15 m. As alturas das camadas de brita e areia são de, no mínimo, 0,15 m e 0,70 m respectivamente. O material filtrante é composto por areia com diâmetro efetivo na faixa de 0,25 mm a 1,2 mm, com coeficiente de uniformidade inferior a 4.

4.4.2.5. Reservatório

Para o dimensionamento do reservatório adotou-se como volume útil, o volume total necessário para abastecer a unidade durante dois dias consecutivos. Este volume é dividido em reservatório inferior (60%) e reservatório superior (40%), e arredondado por razões comerciais.

Os volumes dos reservatórios inferior e superior são exibidos no Quadro 35.

	Volume Calculado	Volume Adotado
Reservatório	625,76 L	-
Reservatório Inferior	375,46 L	500,00 L
Reservatório Superior	250,30 L	310,00 L

Quadro 35 – Volume dos reservatórios

Fonte: Autoria própria.

4.4.2.6. Bombeamento

Tendo em vista que não há alterações dos pontos de reutilização das águas residuárias e suas respectivas vazões demandadas, o dimensionamento da bomba de recalque é idêntico ao dimensionado para o sistema de reúso com águas pluviais. Assim, o conjunto motor-bomba adotado é a bomba centrífuga 1/6 HP monofásica modelo BC 91 S da marca Schneider.

4.4.2.7. Orçamento Preliminar

O orçamento preliminar do sistema de reaproveitamento da água cinza, composto pelos custos unitários dos elementos previamente dimensionados, é apresentado na Tabela 9. A composição de custos do gradeamento, tanque séptico e filtro anaeróbio abordam os insumos necessários para preparação da base, execução da estrutura, e os custos de mão de obra. Estimou-se como os custos da caixa de gordura e do reservatório inferior os preços de mercado de uma caixa múltipla da marca TIGRE de 388x567x100 mm com tampa e uma caixa d'água de polietileno com 310 L da marca Fortlev. Para o orçamento preliminar do filtro de areia, foram adotados critérios idênticos ao do sistema de reaproveitamento da água pluvial.

Tabela 9 – Orçamento preliminar do sistema de reaproveitamento das águas cinzas.

(continua)

ITEM	PRODUÇÃO	QUANTIDADE	R\$ UNITÁRIO	R\$ TOTAL
GRADEAMENTO				
1	Preparação da base e estrutura			
1.1	Areia média	0,11 m³/unid	1,00 un	85,26
1.2	Brita	0,04 m³/unid	1,00 un	75,28
1.3	Cimento Portland CP II E-32	26,20 kg/unid	1,00 un	0,48
1.4	Chapa de compensado e = 6mm	0,10 m²/unid	1,00 un	24,30
1.5	Aço CA - 60	1,32 kg/unid	1,00 un	3,85
1.6	Cal Hidratada CH III	5,46 kg/unid	1,00 un	0,33
1.7	Tijolo maciço cerâmico 5,7 x 9 x 19	101,00 unid/unid	1,00 un	0,92
2	Mão de obra			
2.1	Preparação da base e estrutura			
	Ajudante	6,03 h/unid	1,00 un	4,45
	Profissional	3,83 h/unid	1,00 un	6,28
TOTAL GRADEAMENTO				R\$ 176,56
CAIXA DE GORDURA				
1.1	Caixa múltipla 388x567x100	-	1,00 un	178,43
TOTAL CAIXA DE GORDURA				R\$ 178,43
TANQUE SÉPTICO				
1	Preparação da base			
1.1	Areia média	0,12 m³/unid	1,00 un	85,26
1.2	Brita	0,20 m³/unid	1,00 un	75,28
1.3	Cimento Portland CP II E-32	40,00 kg/unid	1,00 un	0,48
2	Estrutura			
2.1	Areia média	0,88 m³/m³	1,30 m³	85,26
2.2	Brita	0,84 m³/m³	1,30 m³	75,28
2.3	Cimento Portland CP II E-32	308,00 Kg/m³	1,30 m³	0,48
2.4	Betoneira	0,31 h / m³	1,30 m³	0,90
2.5	Chapa de compensado e = 6mm	1,20 m²/m²	16,00 m²	24,30
2.6	Aço CA - 50	1,00 Kg/Kg	90,00 kg	3,83
3	Mão de obra			
3.1	Preparação da base			
	Ajudante	13,00 h/unid	1,00 un	4,45
	Profissional	3,50 h/unid	1,00 un	6,28
3.2	Forma			
	Ajudante	1,52 h/m²	16,00 m²	4,45
	Profissional	6,08 h/m²	16,00 m²	6,28
3.3	Armação			
	Ajudante	0,08 h/Kg	90,00 kg	4,45
	Profissional	0,08 h/Kg	90,00 kg	6,28
3.4	Concreto			
	Ajudante	6,00 h/m³	1,30 m³	4,45
TOTAL TANQUE SÉPTICO				R\$ 2.120,98
FILTRO ANAERÓBIO				
1	Preparação da base			
1.1	Areia média	0,12 m³/unid	1,00 un	85,26
1.2	Brita 2	0,20 m³/unid	1,00 un	75,28
1.3	Cimento Portland CP II E-32	40,00 kg/unid	1,00 un	0,48
2	Estrutura			
2.1	Areia média	0,88 m³/m³	0,50 m³	85,26
2.2	Brita	0,84 m³/m³	0,50 m³	75,28
2.3	Cimento Portland CP II E-32	308,00 Kg/m³	0,50 m³	0,48
2.4	Betoneira	0,31 h / m³	0,50 m³	0,90
2.5	Chapa de compensado e = 6mm	1,20 m²/m²	5,00 m²	24,30
2.6	Aço CA - 50	1,00 Kg/Kg	35,00 kg	3,83
3	Mão de obra			
3.1	Preparação da base			
	Ajudante	13,00 h/unid	1,00 un	4,45
	Profissional	3,50 h/unid	1,00 un	6,28
3.2	Forma			
	Ajudante	1,52 h/m²	5,00 m²	4,45
	Profissional	6,08 h/m²	5,00 m²	6,28
3.3	Armação			
	Ajudante	0,08 h/Kg	35,00 kg	4,45
	Profissional	0,08 h/Kg	35,00 kg	6,28
3.4	Concreto			
	Ajudante	6,00 h/m³	0,50 m³	4,45
TOTAL FILTRO ANAERÓBIO				R\$ 808,48

Tabela 9 – Orçamento preliminar do sistema de reaproveitamento das águas cinzas.

(conclusão)

FILTRO DE AREIA					
1.1	Areia média (h = 0,26 m)	1,00 m³/m³	0,91 m³	85,26	77,51
1.2	Brita (h = 0,90 m)	1,00 m³/m³	3,15 m³	75,28	238,91
1.3	Caixa d'Água de Polietileno 3000 L	-	1,00 un	1523,90	1523,90
TOTAL FILTRO DE AREIA				R\$	1.838,32
RESERVATÓRIO SUPERIOR					
1.1	Caixa d'água polietileno 310 L	-	1,00 un	130,74	130,74
TOTAL RESERVATÓRIO SUPERIOR				R\$	130,74
RESERVATÓRIO INFERIOR					
1	Preparação da base				
1.1	Areia média	0,04 m³/m²	0,50 m²	85,26	1,71
1.2	Brita	0,06 m³/m²	0,50 m²	75,28	2,26
1.3	Cimento Portland CP II E-32	13,20 kg/m²	0,50 m²	0,48	3,17
1.4	Aditivo hidrófugo	0,13 L/m²	0,50 m²	3,5	0,23
1.5	Betoneira	0,02 h / m³	0,05 m³	0,90	0,00
1.6	Geotêxtil	1,10 m²/m²	0,50 m²	2,95	1,62
2	Estrutura				
2.1	Areia média	0,88 m³/m³	1,05 m³	85,26	78,78
2.2	Brita	0,84 m³/m³	1,05 m³	75,28	86,40
2.3	Cimento Portland CP II E-32	308,00 Kg/m³	1,05 m³	0,48	155,23
2.4	Betoneira	0,31 h / m³	1,05 m³	0,90	0,29
2.5	Chapa de compensado e = 6mm	1,20 m²/m²	7,00 m²	24,30	204,12
2.6	Aço CA - 50	1,00 Kg/Kg	73,50 kg	3,63	266,81
3	Impermeabilização				
3.1	Areia média	0,02 m³/m²	3,50 m²	85,26	5,97
3.2	Cimento Portland CP II E-32	9,00 kg/m²	3,50 m²	0,48	15,12
3.3	Aditivo hidrófugo	0,80 L/m²	3,50 m²	3,50	9,80
4	Bombas				
4.1	Bomba Centrífuga 1/6 HP	-	2,00 un	524,00	1048,00
4.2	Bomba dosadora de cloro DG 500	-	1,00 un	330,00	330,00
5	Mão de obra				
5.1	Escavação manual				
	Ajudante	4,50 h/m³	0,50 m³	4,45	10,01
5.2	Apiloamento				
	Ajudante	1,50 h/m³	0,50 m³	4,45	3,34
5.3	Geotêxtil				
	Ajudante	0,02 h/m²	0,50 m²	4,45	0,04
5.4	Lastro de concreto				
	Ajudante	1,16 h/m²	0,50 m²	4,45	2,58
	Profissional	0,40 h/m²	0,50 m²	6,28	1,26
5.5	Forma				
	Ajudante	0,33 h/m²	7,00 m²	4,45	10,28
	Profissional	1,33 h/m²	7,00 m²	6,28	58,47
5.6	Armação				
	Ajudante	0,08 h/Kg	73,50 kg	4,45	26,17
	Profissional	0,08 h/Kg	73,50 kg	6,28	36,93
5.7	Concreto				
	Ajudante	6,00 h/m³	1,05 m³	4,45	28,04
5.8	Impermeabilização				
	Ajudante	0,85 h/m²	3,50 m²	4,45	13,24
	Profissional	1,00 h/m²	3,50 m²	6,28	21,98
TOTAL RESERVATÓRIO INFERIOR				R\$	2.401,82
TOTAL SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO ÁGUAS CINZAS				R\$	7.655,34

Fonte: Autoria própria.

4.4.3. Dimensionamento do sistema de reúso das águas negras

4.4.3.1. Tanque séptico

Para dimensionamento do tanque séptico considerou-se:

- N= 4 Moradores;
- C= 32,4L/hab.dia;
- T=1 dia;
- K= 105 dias (2 anos);
- Lf=1 L/hab.dia

$$V = 1000 + 4 \times [(32,4 \times 1) + (105 \times 1)]$$

O volume útil do tanque séptico é de 1.549,60 L ou 1,55 m³, atendendo o limite mínimo e máximo de profundidade, assim como outros aspectos construtivos, da NBR 7229/93. Por critérios construtivos e comerciais, adotou-se tanque séptico, para no máximo 5 contribuintes, com volume igual a 2,26 m³.

4.4.3.2. Filtro de areia

Para dimensionamento do filtro de areia considerou-se:

- Q= 129,60 L/dia
- T_a= 100 L/m²

$$A = \frac{129,60}{100}$$

A área superficial do filtro de areia corresponde a 1,30 m² e o diâmetro 1,30 m. As alturas das camadas de brita e areia são de, no mínimo, 0,15 m e 0,70 m respectivamente. O material filtrante é composto por areia com diâmetro efetivo na faixa de 0,25 mm a 1,2 mm, com coeficiente de uniformidade inferior a 4.

4.4.3.3. Reservatório

Para dimensionamento do reservatório adotou-se como volume útil, o volume total necessário para comportar dois dias de vazão da bacia sanitária, resultando em 260 L. Por questões comerciais, o volume adotado para o reservatório foi de 310 L.

4.4.3.4. Orçamento Preliminar

O orçamento preliminar do sistema de reaproveitamento da água negra é composto pelos custos unitários apresentados Tabela 10. A composição de custos do tanque séptico e filtro de areia abordam os insumos necessários para a preparação da base, a execução da estrutura, bem como os respectivos custos de mão de obra. Estimou-se como o custo do reservatório e da desinfecção os preços de mercado de uma caixa d'água de polietileno com 310 L da marca Fortlev e uma bomba dosadora de cloro modelo DG 500.

Tabela 10 – Orçamento preliminar do sistema de reaproveitamento da água negra

ITEM	PRODUÇÃO	QUANTIDADE	R\$ UNITARIO	R\$ TOTAL
TANQUE SEPTICO				
1	Preparação da base			
1.1	Areia média	0,12 m³/unid	1,00 un	85,26
1.2	Brita 2	0,20 m³/unid	1,00 un	75,28
1.3	Cimento Portland CP II E-32	40,00 kg/unid	1,00 un	0,48
2	Estrutura			
2.1	Chapa de compensado e = 6mm	1,20 m² / m²	16,00 m²	24,30
2.2	Areia média	0,88 m³ / m³	1,30 m³	85,28
2.3	Brita 1	0,84 m³ / m³	1,30 m³	75,28
2.4	Cimento Portland CP II-E 32	308 kg / m³	1,30 m³	0,48
2.5	Betoneira	0,31 h / m³	1,30 m³	0,90
2.6	Aço CA - 50	1 kg / kg	90,00 kg	3,63
3	Mão de obra			
3.1	Preparação da base			
	Ajudante	13,00 h/unid	1,00 un	4,45
	Profissional	3,50 h/unid	1,00 un	6,28
3.2	Forma			
	Ajudante	1,52 h/m²	16,00 m²	4,45
	Profissional	6,08 h/m²	16,00 m²	6,28
3.3	Concreto			
	Ajudante	6,00 h / m³	1,30 m³	4,45
3.4	Armação			
	Ajudante	0,08 h / kg	90,00 kg	4,45
	Profissional	0,08 h / kg	90,00 kg	6,28
TOTAL TANQUE SEPTICO				R\$ 2.120,98
FILTRO DE AREIA				
1.1	Areia média	1,00 m³/m³	0,52 m³	85,26
1.2	Brita 2	1,00 m³/m³	2,62 m³	75,28
1.3	Caixa d'água polietileno 750 L	-	1,00 un	712,07
TOTAL FILTRO DE AREIA				R\$ 954,21
RESERVATORIO				
1.1	Caixa d'água polietileno 310 L	-	1,00 un	130,74
TOTAL RESERVATORIO				R\$ 130,74
DESINFECÇÃO				
1.1	Bomba dosadora de cloro DG 500	-	1,00 un	330,00
TOTAL DESINFECÇÃO				R\$ 330,00
TOTAL SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO ÁGUAS NEGRAS				R\$ 3.535,93

Fonte: Autoria própria.

4.4.4. Classificação dos sistemas de reúsos

Com o intuito de analisar o impacto financeiro do sistema de reaproveitamento das águas residuárias sentiu-se a necessidade de adotar um valor para o custo da construção da residência em estudo. Para isso, lançou-se mão dos Custos Unitários Básicos de Construção (CUB) divulgados pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado do Paraná (SINDUSCON-PR). O valor divulgado em julho/2014 para o padrão normal R-1 foi de R\$ 1.480,27 / m², com área total construída de 99,375 m², obteve-se R\$ 147.101,83 como valor total de construção do imóvel. Comparando, isoladamente, os valores da implantação dos sistemas de reaproveitamento das águas residuárias em relação ao valor da

avaliação da residência, resultam-se as porcentagens de 4,08%, 5,20% e 2,40% para os sistemas da água pluvial, cinzas e negras, respectivamente.

Apesar do sistema de reúso da água negra apresentar relação menor entre o custo de implantação e o valor de avaliação do imóvel, de acordo com a proposta deste projeto, tal sistema foi dimensionado para atender especificamente a fertirrigação, enquanto os outros sistemas foram dimensionados para atender os demais usos da residência. Essa proposta se deu em função do aproveitamento da reciclagem de nutrientes do esgoto sanitário. Excluíram-se outras possibilidades de reúsos para essa água residuária devido à baixa qualidade observada na compatibilização qualitativa das ofertas, o que demandaria maiores investimentos. Portanto, optou-se por definir o sistema de aproveitamento da água pluvial como sendo o que mais se adequa a residência em estudo.

4.4.5. Orçamento definitivo

O orçamento definitivo do sistema de reaproveitamento foi elaborado levando em consideração todas as modificações necessárias do sistema hidráulico da residência para que a água pluvial possa ser reutilizada, conforme apresentado na Tabela 11. Incluem-se nessas modificações a criação do sistema de tratamento, a inclusão de novas tubulações, conexões e acessórios hidráulicos, os custos de mão de obra, além de uma previsão de 5% para a operação e manutenção do sistema.

Tabela 11 – Orçamento completo do sistema de reaproveitamento da água pluvial

(continua)

ITEM	PRODUÇÃO	QUANTIDADE	R\$ UNITÁRIO	R\$ TOTAL
FILTRO DE AREIA				
1.1	Caixa d'água - Fibra de vidro 3 m ³ - 2,08 x 1,47m	-	1,00 un	1343,00
1.2	Areia média	1,00 m ³ / m ³	2,20 m ³	85,26
1.3	Brita 1	1,00 m ³ / m ³	0,50 m ³	37,64
TOTAL FILTRO DE AREIA				R\$ 1.568,21
RESERVATÓRIO SUPERIOR				
1.1	Caixa d'água fibra de vidro 2000 L	-	1,00 un	787,90
TOTAL RESERVATÓRIO SUPERIOR				R\$ 787,90

Tabela 11 – Orçamento completo do sistema de reaproveitamento da água pluvial

(continua)

DISPOSITIVOS DE AUTO LIMPEZA					
1	Preparação da base				
1.1	Areia média	0,04 m ³ /m ²	11,00 m ²	85,28	38,45
1.2	Brita 1	0,02 m ³ /m ²	11,00 m ²	75,28	18,56
1.3	Brita 2	0,04 m ³ /m ²	11,00 m ²	75,28	33,12
1.4	Cimento Portland CP II E-32	13,20 kg/m ²	11,00 m ²	0,48	69,70
1.5	Betoneira	0,02 h / m ³	1,10 m ³	0,90	0,02
2	Estrutura				
2.1	Areia média	0,02 m ³ /m ²	13,46 m ²	85,28	22,95
2.2	Cimento Portland CP II E-32	6,51 kg/m ²	13,46 m ²	0,48	42,06
2.3	Cal hidratada CH III	0,82 kg/m ²	13,46 m ²	0,33	3,64
2.4	Bloco de concreto estrutural 14 cm	12,90 un/m ²	13,46 m ²	2,50	434,09
2.5	Caixa d'água fibra de vidro 100 L	-	1,00 un	87,90	87,90
2.6	Caixa d'água fibra de vidro 50 L	-	1,00 un	48,90	48,90
3	Impermeabilização				
3.1	Areia média	0,02 m ³ /m ²	13,46 m ²	85,28	22,95
3.2	Cimento Portland CP II E-32	9,00 kg/m ²	13,46 m ²	0,48	58,15
3.3	Aditivo hidrófugo	0,80 L/m ²	13,46 m ²	3,50	37,89
5	Mão de obra				
5.1	Escavação manual				
	Ajudante	4,50 h/m ³	3,00 m ³	4,45	60,08
5.2	Apiloamento				
	Ajudante	1,50 h/m ³	3,00 m ³	4,45	20,03
5.3	Lastro de concreto				
	Ajudante	1,16 h/m ²	3,00 m ²	4,45	15,49
	Profissional	0,40 h/m ²	3,00 m ²	6,28	7,54
5.4	Forma				
	Ajudante	0,33 h/m ²	17,00 m ²	4,45	24,96
	Profissional	1,33 h/m ²	17,00 m ²	6,28	141,99
5.5	Armação				
	Ajudante	0,08 h/Kg	140,00 kg	4,45	49,84
	Profissional	0,08 h/Kg	140,00 kg	6,28	70,34
5.6	Concreto				
	Ajudante	6,00 h/m ³	2,00 m ³	4,45	53,40
5.7	Impermeabilização				
	Ajudante	0,85 h/m ²	10,00 m ²	4,45	37,83
	Profissional	1,00 h/m ²	10,00 m ²	6,28	62,80
TOTAL DISPOSITIVOS DE AUTO LIMPEZA				R\$	1.460,46
RESERVATÓRIO INFERIOR					
1	Preparação da base				
1.1	Geotêxtil	1,10 m ² /m ²	3,00 m ²	2,95	9,74
1.1	Areia média	0,04 m ³ /m ²	3,00 m ²	85,28	10,49
1.2	Brita 1	0,02 m ³ /m ²	3,00 m ²	75,28	4,52
1.2	Brita 2	0,04 m ³ /m ²	3,00 m ²	75,28	9,03
1.3	Cimento Portland CP II E-32	13,20 kg/m ²	3,00 m ²	0,48	19,01
1.4	Aditivo hidrófugo	0,10 L/m ²	3,00 m ²	3,5	1,05
1.5	Betoneira	0,02 h / m ³	0,30 m ³	0,90	0,01
2	Estrutura				
2.1	Chapa de compensado e = 6mm	1,20 m ² /m ²	17,00 m ²	24,30	495,72
2.2	Areia média	0,88 m ³ /m ³	2,00 m ³	85,28	150,06
2.3	Brita 1	0,84 m ³ /m ³	2,00 m ³	75,28	126,47
2.4	Cimento Portland CP II E-32	308,00 Kg/m ³	2,00 m ³	0,48	295,68
2.5	Betoneira	0,31 h / m ³	2,00 m ³	0,90	0,56
2.6	Aço CA - 50	1,00 Kg/Kg	140,00 kg	3,63	508,20
3	Impermeabilização				
3.1	Areia média	0,02 m ³ /m ²	10,00 m ²	85,28	17,05
3.2	Cimento Portland CP II E-32	9,00 kg/m ²	10,00 m ²	0,48	43,20
3.3	Aditivo hidrófugo	0,80 L/m ²	10,00 m ²	3,50	28,00
4	Bombas				
4.1	Bomba Centrífuga 1/6 HP	-	2,00 un	524,00	1048,00
4.2	Bomba dosadora de cloro DG 500	-	1,00 un	330,00	330,00
5	Mão de obra				
5.1	Escavação manual				
	Ajudante	4,50 h/m ³	3,00 m ³	4,45	60,08
5.2	Apiloamento				
	Ajudante	1,50 h/m ³	3,00 m ³	4,45	20,03
5.3	Geotêxtil				
	Ajudante	0,02 h/m ²	3,00 m ²	4,45	0,27
5.4	Lastro de concreto				
	Ajudante	1,16 h/m ²	3,00 m ²	4,45	15,49
	Profissional	0,40 h/m ²	3,00 m ²	6,28	7,54
5.5	Forma				
	Ajudante	0,33 h/m ²	17,00 m ²	4,45	24,96
	Profissional	1,33 h/m ²	17,00 m ²	6,28	141,99
5.6	Armação				
	Ajudante	0,08 h/Kg	140,00 kg	4,45	49,84
	Profissional	0,08 h/Kg	140,00 kg	6,28	70,34
5.7	Concreto				
	Ajudante	6,00 h/m ³	2,00 m ³	4,45	53,40
5.8	Impermeabilização				
	Ajudante	0,85 h/m ²	10,00 m ²	4,45	37,83
	Profissional	1,00 h/m ²	10,00 m ²	6,28	62,80
TOTAL RESERVATÓRIO INFERIOR				R\$	3.641,32

Tabela 11 – Orçamento completo do sistema de reaproveitamento da água pluvial

(conclusão)

TUBULAÇÕES, CONEXOES E ACESSORIOS					
1	Tubulações				
1.1	Tubo de PVC soldável 25 mm	1,00 m/m	50,75 m	2,63	133,47
1.2	Tubo de PVC soldável 32 mm	1,00 m/m	13,80 m	7,42	102,40
1.3	Tubo de PVC soldável 100 mm	1,00 m/m	22,55 m	9,82	221,44
2	Conexões				
2.1	Joelho 45° soldável de PVC marrom 25 mm	-	4,00 un	0,99	3,96
2.2	Joelho 45° soldável de PVC marrom 32 mm	-	2,00 un	3,19	6,38
2.3	Joelho 90° soldável de PVC marrom 25 mm	-	15,00 un	0,99	14,85
2.4	Joelho 90° soldável de PVC marrom 32 mm	-	4,00 un	2,19	8,76
2.5	Joelho 90° soldável de PVC marrom 100 mm	-	6,00 un	5,19	31,14
2.6	Tê simples PVC marrom 100 mm	-	3,00 un	9,99	29,97
2.7	Luva PVC 25 mm	-	14,00 un	1,00	14,00
2.8	Luva PVC 32 mm	-	4,00 un	2,09	8,38
2.9	Luva PVC 100 mm	-	6,00 un	4,38	26,28
3	Acessórios				
3.1	Registro de gaveta bruto 25 mm	-	7,00 un	48,54	339,78
3.2	Registro de gaveta bruto 32 mm	-	2,00 un	68,72	137,44
3.3	Registro de gaveta bruto 100 mm	-	3,00 un	220,00	660,00
3.4	Plug de PVC branco 25 mm	-	3,00 un	0,37	1,11
3.5	Curva de transposição PVC marrom 25 mm	-	2,00 un	4,90	9,80
3.6	Torneira para jardim	-	2,00 un	35,50	71,00
3.7	Boia para caixa d'água 1"	-	1,00 un	29,40	29,40
3.8	Calha 10 x 20 cm retangular c/ grelha	-	19,00 m	20,96	398,24
4	Mão de obra				
4.1	Tubulação 25 mm				
	Ajudante	0,40 h/m	50,75 m	4,45	90,34
	Profissional	0,40 h/m	50,75 m	6,28	127,48
4.2	Tubulação 32 mm				
	Ajudante	0,45 h/m	13,80 m	4,45	27,63
	Profissional	0,45 h/m	13,80 m	6,28	39,00
4.3	Conexões				
	Ajudante	0,18 h/un	58,00 un	4,45	48,46
	Profissional	0,18 h/un	58,00 un	6,28	65,56
4.4	Registro de 25 mm				
	Ajudante	0,54 h/un	7,00 un	4,45	16,82
	Profissional	0,54 h/un	7,00 un	6,28	23,74
4.5	Registro de 32 mm				
	Ajudante	0,85 h/un	2,00 un	4,45	7,57
	Profissional	0,85 h/un	2,00 un	6,28	10,68
4.6	Registro de 100 mm				
	Ajudante	1,48 h/un	3,00 un	4,45	19,76
	Profissional	1,48 h/un	3,00 un	6,28	27,88
4.7	Boia				
	Ajudante	0,40 h/un	1,00 un	4,45	1,78
	Profissional	0,40 h/un	1,00 un	6,28	2,51
4.8	Plug				
	Ajudante	0,09 h/un	3,00 un	4,45	1,20
	Profissional	0,09 h/un	3,00 un	6,28	1,70
4.9	Curva				
	Ajudante	0,12 h/un	2,00 un	4,45	1,07
	Profissional	0,12 h/un	2,00 un	6,28	1,51
4.10	Calha				
	Ajudante	1,00 h/m	19,00 m	4,45	84,55
	Profissional	1,00 h/m	19,00 m	6,28	119,32
TOTAL TUBULAÇÕES, CONEXOES E ACESSORIOS					R\$ 2.964,33
OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO					
1					
1.1	Mão de obra para manutenção e operação do sistema	-	-	5%	521,11
TOTAL RESERVATORIO SUPERIOR					R\$ 521,11
TOTAL SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO AGUA PLUVIAL					R\$ 10.943,33

Fonte: Autoria própria.

4.5. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

O embasamento do estudo de viabilidade econômica da instalação do sistema de reaproveitamento pluvial, considerou a economia de água potável que o sistema proporcionaria e seu impacto na tarifa cobrada pela Companhia de Saneamento do Paraná.

O governador paranaense Carlos Alberto Richa aprovou, em 18/02/2014, o Decreto Estadual n°. 10.193 para o reajuste da tarifa de água, cuja cobrança é discriminada no Quadro 36.

Tarifa de Água - SANEPAR 2014	
Consumo até 10m ³	R\$ 25,14
Excedente à 10m ³	R\$25,14 + R\$ 3,77/m ³
Excedente à 30m ³	R\$100,43 + R\$ 6,43/m ³

Quadro 36 – Tarifa de água no Paraná
Fonte: Aatoria própria.

Considerando o consumo mensal da residência, antecedendo a instalação do sistema de reaproveitamento, como sendo de 16,56 m³/mês, observa-se que a tarifa mensal se enquadra no segundo nível de cobrança, no qual é cobrado o valor de R\$ 25,14 pelo consumo dos 10 primeiros m³ de água, e para cada m³ excedente à esse valor, cobra-se a tarifa de R\$ 3,77. Assim, a conta de água da residência em estudo é de R\$ 49,87. Após a implantação do sistema, observa-se decréscimo de 9,39 m³ mensais do consumo de água potável, que é reduzido à 7,17 m³. A nova conta de água da residência é enquadrada no primeiro nível de tarifamento, com valor de R\$ 25,14. Em termos financeiros há redução mensal de R\$ 24,73, que ao longo de um ano representa economia de R\$296,76. Deste modo, o tempo de retorno do investimento é de 37 anos.

5. CONCLUSÃO

Contemplou-se no presente estudo a reutilização das águas residuárias para os usos não potáveis da bacia sanitária, máquina de lavar roupa, rega de jardim e lavagem de veículos e calçada, totalizando uma demanda mensal de 9,39 m³ de água, sendo as qualidades requeridas caracterizadas pelas Classes I e III.

A geração das águas residuárias captadas incluíram a água pluvial, captada através da cobertura; as águas negras, coletadas das bacias sanitárias; e as águas cinzas, obtidas a partir da pia, tanque, máquina de lavar roupa, lavatórios e ralo. Em termos quantitativos, observou-se que a águas pluviais e cinzas supririam as demandas dos reúso com o volume mensal de 9,39 m³ e 10,90 m³, respectivamente, enquanto as águas negras apresentaram 3,89 m³.

A partir da caracterização qualitativa, através de fontes bibliográficas, das águas residuárias ofertadas, tomou-se como requisitos técnicos para o tratamento da água pluvial a utilização de filtro de areia, com área superficial de 3,13 m², seguido de desinfecção com hipoclorito de sódio; para as águas cinzas foram utilizados gradeamento, tanque séptico, com volume útil de 2,26 m³, filtro anaeróbio, com 0,68 m³, filtro de areia, com área superficial de 3,64 m², e desinfecção; para as águas negras foram dimensionados tanque séptico, com 2,26 m³, filtro de areia, com 1,30 m³, e desinfecção.

Através desse trabalho, buscou-se não somente realizar um estudo de caso para avaliar a viabilidade de implantação de um sistema de reúso em uma residência, mas sim, criar uma metodologia de abordagem do reaproveitamento das águas pluviais, cinzas e negras. Destaca-se, através da relação entre os custos de implantação e o custo de construção da residência, o sistema de reaproveitamento da água pluvial como sendo o de maior potencial para o presente trabalho.

O estudo de viabilidade indica que o atual sistema de cobrança não favorece a economia de água potável em residências, pois apesar da redução mensal de 9,39 m³ de água potável, com desconto anual da tarifa de R\$ 296,76, o período de retorno do investimento é de aproximadamente 37 anos.

6. REFERÊNCIAS

ABUMANSSUR, Calil. **Água da chuva em instalações prediais: Questões técnicas para o uso**. Disponível em <http://www.planejamento2.mg.gov.br/governo/gestao_logistica/pegae/arquivos/palestra_uso_reuso_agua_chuva_curitiba.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Caderno de recursos Hídricos: Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília: TDA, 2007.

ÁGUAS DE PORTUGAL. Disponível em: <http://aguasdivertidas.ccems.pt/AguasDivertidas/CicloUrbano/CicloUrbano_AdP.swf>. Acesso em: 07 mar. 2014.

AGUIAR, Cláudio A. **Aplicação de programa de conservação de água em edifícios residenciais**.2008. 254f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

ALVES, Gláucio T. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em residências**. 2010. 40f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental) – Universidade Candido Mendes, Niterói, 2010

ANDREOLI, Cleverson V. et al. Limites ao desenvolvimento da região metropolitana de Curitiba, impostos pela escassez de água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9, 2000, Porto Seguro. **Anais...**Curitiba, 2000. p. 185-195.

ANNECCHINI, Karla P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**.2005. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

ASANO, Takashi; LEVINE Audrey D. Wastewater reclamation, recycling and reuse: Past present and future. **Water Science and Technology**, Inglaterra, v. 33, n. 10-11, p. 1-14, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Água de chuva: Aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de água pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13696**: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

AOYAMA, Enrico S. Análise de consumo e desperdício de água em atividades diárias por alunos da UNICAMP. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, Campinas, v. 3, n. 2, p. 15-20, ago 2007.

BARCELLOS, B. R.; FELIZZATO, M. R. Aproveitamento das águas atmosféricas. In CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, 2005. CD-ROM

BAZZARELLA, Bianca B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações**. 2005. 165f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

BORGES, Luciana Z. **Caracterização da água cinza para promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos**. 2003. 137f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

BORSOI, Zilda M. F.; TORRES, Solange D. A. **A política de recursos hídricos no Brasil**. Disponível em <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Consulta_Expressa/Setor/Meio_Ambiente/199712_13.html> Acesso em: 10 mar. 2014.

BOTELHO, Manoel H. C; RIBEIRO G. **A. Instalações hidráulicas prediais feitas para durar – usando tubos de PVC**. São Paulo: Pro, 1998, 230p.

BOTKIN, Daniel B.; KELLER, Edward A. **Environmental Science: Earth as a living Planet**. 3. ed. USA: John Wiley & Sons, 2000.

BRAGA, Benedito. et al. **Introdução à engenharia ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: PRENTICE HALL, 2005.

BRESSAN, Diego L.; MARTINI, Maurício. **Avaliação do potencial de economia de água tratada no setor residencial da região sudeste através do aproveitamento de água pluvial.** 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

BUDEL, Marcel A. **Estudo comparativo da qualidade da água de chuva coletada em cobertura convencional e em telhado verde.** 2014. 128f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

CARLON, Márcia R. **Percepção dos atores sociais quanto às alternativas de implantação de sistemas de captação de aproveitamento de água de chuva em Joinville-SC.** 2005. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2005.

CARNEIRO, Cátia S. F. **O ciclo urbano da água: Uma abordagem Pedagógica.** 2007. 165f. Dissertação (Mestrado em Física e Química para o Ensino) – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2007.

CHERNICHARO, C. A. et al. Tratamento de esgotos e produção de efluentes adequados a diversas modalidades de reúso da água. In: FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. (Coord.). Tratamento e utilização de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABEAS, 2006. Cap. 3. p. 63 - 110.

COHIM, Eduardo. et al. Avaliação da qualidade de águas cinzas sintéticas, durante armazenamento. **Revista AIDIS**, Salvador, v. 3, n. 2, p. 36-48, 2010.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **Jornal Diálogo**, Curitiba, n. 386, 2010.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **Relatório de administração e Demonstrações contábeis.** Disponível em <http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/relatorio_demonstracoes_contabeis_2012_b.pdf> Acesso em: 06 mar. 2014.

COSCARELLI, Antônio P. F. **Aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis em um atividade industrial: estudo de caso de uma edificação a ser construída, Rio de Janeiro, RJ.** 2010. 161f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

COSTANZI, Ricardo N. et al. Reúso de água amarela. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 2, n. 1, p. 9-16, dez 2010.

DEPARTAMENTO DE INFORMAÇÃO PÚBLICA DAS NAÇÕES UNIDAS. Disponível em <<http://www.onu.org.br/rio20/temas-cidades/>>. Acesso em: 23 fev. 2014.

DIVISÃO DE POPULAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E ASSUNTOS SOCIAIS DAS NAÇÕES UNIDAS. Disponível em <<http://www.un.org/files/PT-SWOP11-WEB.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2014.

DORNELLAS, Patrícia C.; CAMPOS, Hernani L. Efeitos do crescimento urbano na qualidade das águas do riacho Piauí, Arapiraca-AL. **Revista de Geografia**, Recife, v. 25, n. 2, p. 113-123, ago 2008.

DOWBOR, Ladislau; TAGNIN, Renato A. **Administrando a água como se fosse importante: Gestão ambiental e sustentabilidade**. 1. ed. São Paulo: SENAC, 2005.

FITTSCHEN, Imke; HAHN, Hermann H. Characterization of the municipal wastewater part human urine and preliminary comparison with liquid cattle excretion. **Water Science Technology**, Alemanha, v. 38, n.6, p. 9-16, 1998.

GALBIATI, Adriana F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. 2009. 52f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.

GIACCHINI, Margolaine. **Estudo quali-quantitativo do aproveitamento da água de chuva no contexto da sustentabilidade dos recursos hídricos**. 2010. 145f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

GUIMARÃES, A. J. A. et al. **Saneamento básico**. Disponível em <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%204%20parte%201.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2014.

HAFNER, Ana V. **Conservação e reúso de água em edificações: Experiências nacionais e internacionais**. 2007. 177f. Dissertação (Mestrado em Engenharia em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

HAGEMANN, Sabrina E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. 141f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

HESPANHOL, Ivanildo. Potencial de reúso de água no Brasil: Agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p.75-95, dez. 2002.

HIRNER, W. et al. Perdas de água em sistemas de abastecimento: Conceitos básicos, terminologia e indicadores de desempenho. In: SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 4., 1999, Portugal. **Anais...**Coimbra, 1999.15f.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Disponível em <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=861>>. Acesso em: 02 mar. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESEFA DO CONSUMIDOR. Disponível em:<<http://www.idec.org.br/>>. Acesso em 07 mar. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em 10 mar. 2014.

INSTITUTO DE ÁGUAS DO PARANÁ. Disponível em <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=264>>. Acesso em: 02 mar. 2014.

INTERNATIONAL FINANCE CORPORATION. Disponível em <<http://ifcext.ifc.org/IFCExt/pressroom/IFCPressRoom.nsf/0/441AD4C7AA39E6B58525793C00689553?OpenDocument>>. Acesso em: 22 fev. 2014.

JAQUES, Reginaldo C. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. 2005. 61f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

JOHANSSON, Mats. **Urine Separation: Closing the nutrient cycle**. Estocolmo: VERNA ECOLOGY, 2000.

JORDÃO, Eduardo P.; PESSOA, Constantino A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4º ed. Rio de Janeiro: SEGRAC, 2005.

JÚNIOR, José A. S. et al. Uso racional da água: Ações interdisciplinares em escola rural do semiárido brasileiro. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 263-271, 2013.

LARSEN, Tove A. et al. Re-engineering the toilet for sustainable wastewater management. **Environmental Science Technologies**, Suíça, v. 35, n. 9, p. 192-197, 2001.

LAVRADOR FILHO, J. **Contribuição para o entendimento do reúso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil**. 1987. 191f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

LIMA, Rodrigo M. A. **Gestão da água em edificações: Utilização de aparelhos economizadores, aproveitamento de água pluvial e reúso de água cinza**. 2010. 71f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

LUCCI, Elian A. **Geografia: O homem no espaço global**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1999.

MANCUSO, Pedro C. S.; SANTOS, Hilton F. **Reúso de Água**. 1. ed. Barueri: Manole Ltda, 2003.

MARTINS, Rafael L. **Geografia Humana e Econômica**. 1. ed. Curitiba: IESDE BRASIL S.A., 2010.

MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. 223f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MORAES, Danielle S. L.; JORDÃO, Berenice Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v.36, n. 3, p. 370-374, 2002.

MIELI, João C. A. **Reúso de água domiciliar**. 2001. 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2001.

NOLDE, Erwin. Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings – over ten years experience in Berlin. **UrbanWater**, Inglaterra, v. 1, n. 4, p. 275-284, 1999.

NOSÉ, Daniel. **Aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas em condomínios residenciais**.2008. 138f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia Civil. Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2008.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Disponível em <<http://www.onu.org.br/populacao-mundial-deve-atingir-96-bilhoes-em-2050-diz-novo-relatorio-da-onu>>. Acesso em: 22 fev. 2014.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Disponível em <www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/arquivos/cap18.doc>. Acesso em: 30 fev. 2014.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/quase-metade-da-populacao-mundial-vivera-em-areas-com-grande-escassez-de-agua-ate-2030-alerta-onu/>>. Acesso em 10 mar. 2014.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/>>. Acesso em 08 mar. 2014.

OTTOSON, Jakob; STENSTROM, Thor A. Faecal contamination of greywater and associated microbial risks. **Water Research**, Inglaterra, v. 37, n. 3, p. 645-655, 2003.

PASSAMANI, Fabiana R. F. **Remoção de coliformes fecais e ovos de helmintos em uma ETE do tipo UASB + Biofiltro aerado submerso tratando esgoto sanitário e em lodo anaeróbio submetido à higienização por caleagem e pasteurização**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2001.

PEDROSO, Luciana P.; ILHA, Mariana S. O. Gestão dos sistemas prediais com ênfase na conservação de água em campus universitário, In: SIBRAGEC, 3., 2003, São Carlos. **Anais...**São Carlos, 2003.

PETERS, Madelon R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**.2006. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

PHILIPPI, Luiz S. et al. Aproveitamento da água da chuva. In: Gonçalves, Ricardo F. (Org.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES – PROSAB, 2006. Cap. 3, p.73-152.

PIZZANO, Camila X.; GONÇALVES, Lorena. **Sistema de aproveitamento de água em casas populares**. 2011. 86f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia de Produção Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

PIECHNICKI, Ademir S. et al. Utilização da metodologia de análise e solução de problemas na redução das perdas de água: Um estudo de caso na SANEPAR. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Ponta Grossa, V. 3, n. 2, p. 90-99, ago. 2011.

PIRES, Fernanda. Justiça multa Sabesp por desabastecimento no Guarujá. Valor Econômico, São Paulo, 24 jan. 2014. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/empresas/3406262/justica-multa-sabesp-por-desabastecimento-no-guaruja>>. Acesso em: 30 jan. 2014

POLIDO, Lucas H. **Proposta de projeto e estimativa de custos de uma estação de tratamento de esgoto para o campus ecoville da UTFPR**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia de Produção Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Consumo de Água: Uso racional da água em edificações**. 1.ed. Rio de Janeiro: Sermograf, 2006.

RAMALHO, Oridete A. C. **O reúso da água: Uma solução sustentável para a Amazônia**. 2011. 69f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011

REBELLO, G. A. O. **Conservação da água em edificações: estudo das características de qualidade da água pluvial aproveitada em instalações prediais residenciais**. 2004. 96f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 2004.

REBOUÇAS, Aldo C. Água e desenvolvimento rural. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v.15, n. 43, p. 327-344. 2001.

REVISTA TÉCNICA. **Reúso de água: Soluções não potáveis.** Disponível em <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/133/artigo77956-1.asp>>. Acesso em: 30 fev. 2014.

RIOS, Érika C. S. V. **Uso de águas amarelas como fonte alternativa de nutriente em cultivo hidropônico da alface (*Lactuca sativa*).**2008. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.

ROGGIA, Melissa N. **Estruturação de uma metodologia para projeto de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edificações.** 2007. 186f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2007

SACADURA, Francisco O. M. O. **Análise de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edifícios.**2011. 153f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011.

SANTOS, Daniel C. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 7-18, dez 2002.

SANTOS, Wendel P. **Avaliação da viabilidade econômica do reúso de águas cinzas em edificações domiciliares.**2008. 72f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2008

SANTIN, Janaína R.; GOELLNER, Emanuelle. A gestão dos recursos hídricos e a cobrança pelo seu uso. **Revista Sequência**, Florianópolis, n. 67, p. 199-221, dez. 2013.

SAWYER, Ron. **Cerrando el Ciclo: Saneamiento ecológico para la seguridad alimentaria.** 2. Ed. México: SARAR TRANSFORMACIÓN, 2006.

SELLA, Marcelino B. **Reúso de águas cinzas: Avaliação da viabilidade da implantação do sistema em residências.** 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

SILVA, Ruiz. Tratamento convencional de esgotos sanitários e o banheiro seco. **Revista Científica Integrada**, Guarujá, v. 1, n.2, 2013.

SINDICADO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DO PARANÁ. **Tabelas CUB-PR.** Disponível em: <http://www.sinduscon-pr.com.br/principal/home/?sistema=conteudos%7Cconteudo&id_conteudo=370> Acesso em: 10 ago. 2014.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos.** Disponível em <<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=6>>. Acesso em: 01 mar. 2014.

SPEERS, Andrew; MICTHCELL Grace. Integrated Urban Water Cycle. In: NATIONAL CONFERENCE ON WATER SENSITIVE URBAN DESING, 2000, Australia. **Anais...** Melbourne, 2000, 11p.

SPERLING, Marcos V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.**3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

TCPO: Tabela de composição de preços para orçamentos. 13. ed. São Paulo: Pini, 2010.

TELLES, Dirceu D.; COSTA, Regina H. P. G. **Reúso da água: Conceitos, teorias e práticas.** 2. ed. São Paulo: BLUCHER, 2007.

TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. **The Texas Manual on Rainwater Harvesting.**3.ed. Austin, 2005.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.** Disponível em <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_conservacao/capitulo8.pdf>. Acesso em 23 fev. 2014.

TOMAZ, Plínio. **Previsão de consumo de água.**1. ed. São Paulo: NAVEGAR, 2000.

TSUTIYA, Milton T. **Abastecimento de Água.** 2. ed. São Paulo: Daikoku, 2005.

TUCCI, Carlos E. M. et al. **Gestão da Água no Brasil.**1. ed. Brasília: UNESCO, 2001.

UNITED NATIONS POPULATION FUND. **Relatório sobre a situação da população mundial.** Brasília: UNFPA Brasil, 2011.

VARGAS, Marcelo C.; LIMA, Roberval F. Concessões privadas de saneamento no Brasil: Bom negócio para quem?. **Revista Ambiente e Sociedade**, Campinas, v. 2, n. 2, p. 67-95, dez 2004.

VICTORINO, Célia J. A. **Planeta Água Morrendo de Sede: Uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos**. 1. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007

VIGGIANO, Mário H. S. **Reúso das águas cinzas**. Disponível em <<http://issuu.com/marioviggiانو/docs/aguascinzas2010>>. Acesso em: 28 fev. 2014.

VIOLA, Heitor. **Gestão de águas pluviais em áreas urbanas: O estudo de caso da cidade do Samba**.2008. 398f. Dissertação (Mestrado em Engenharia em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

WATER USE AND CONSERVATION BUREAU. **A water conservation guide for commercial, institutional and industrial users**.1. Ed. Estados Unidos da América: NEW MEXICO OFFICE OF THE STATE ENGINEER, 1999.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards**. In a WHO meeting of Express. 517., Genebra, 1973.

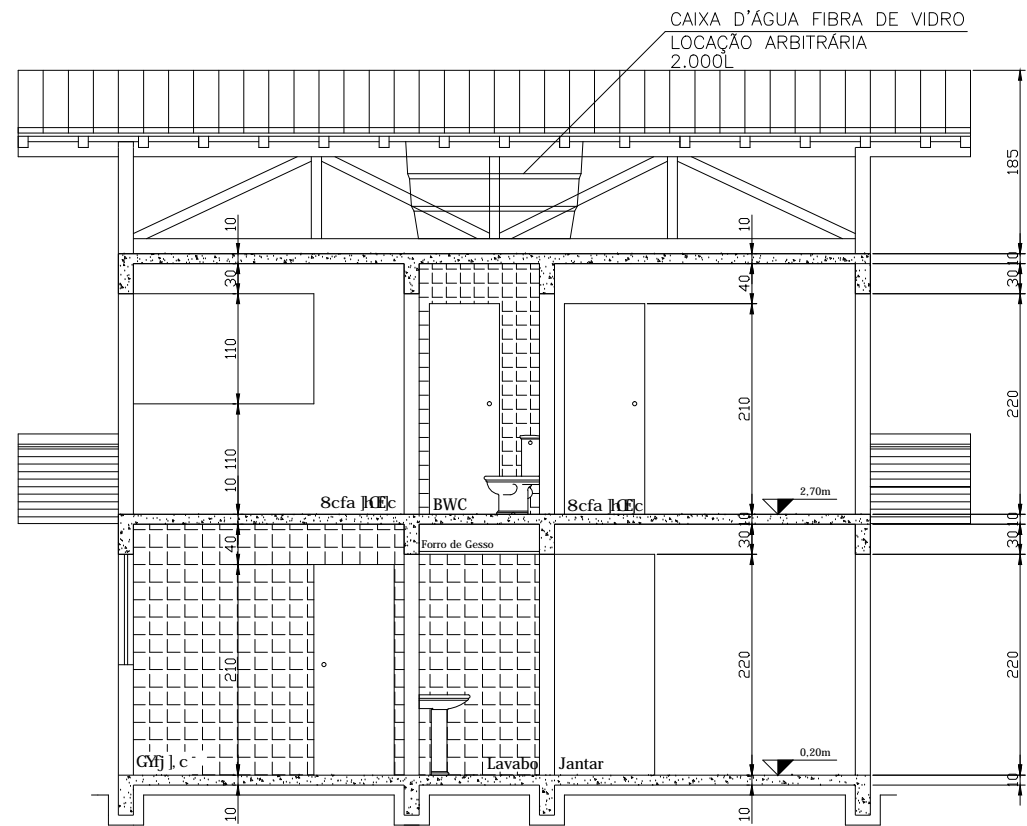
WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Water for life: Making it Happen**.Disponível em<http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp2005/en/>. Acesso em: 03 mar. 2014.

XAVIER, Rogério P. **Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano**.2010. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

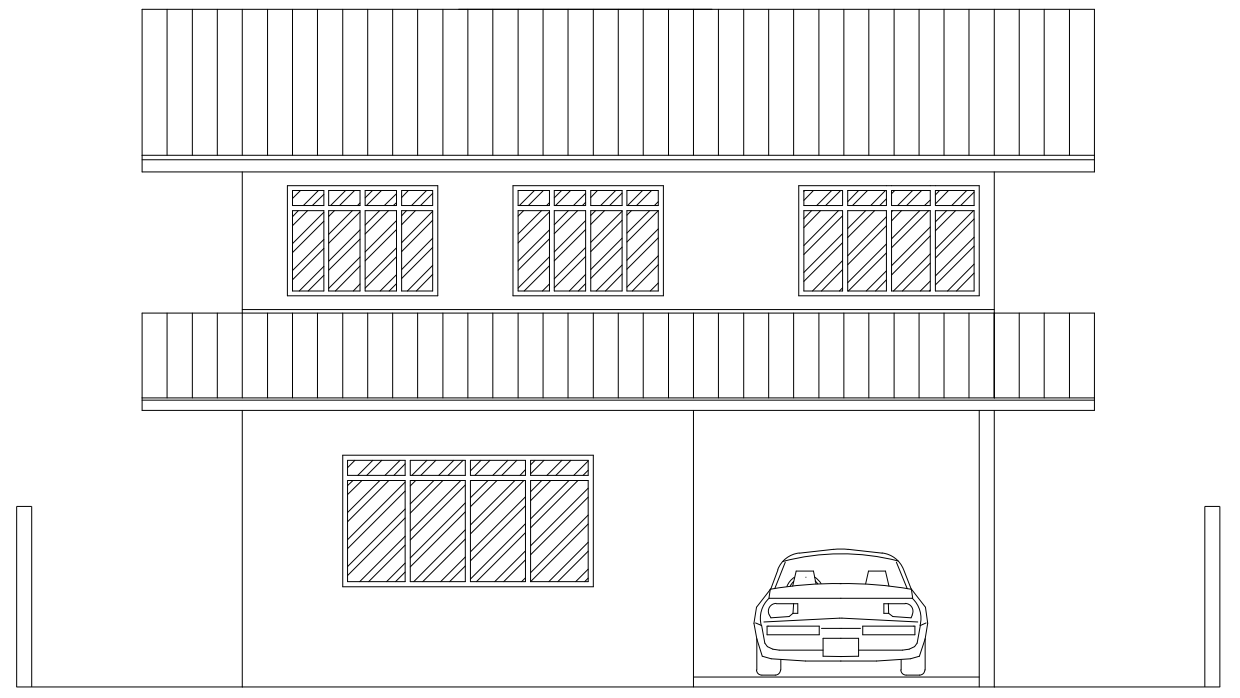
ZANCHETA, Priscilla G. **Recuperação e tratamento da urina humana para uso agrícola**.2007. 83f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

ZATONNI, G. T. et al. Aproveitamento de água de chuva em uma indústria metalmeccânica na região metropolitana de Curitiba-PR – Estudo de caso. In: **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2011, Maceió-AL. Anais... Maceió: ABRH, 2011.

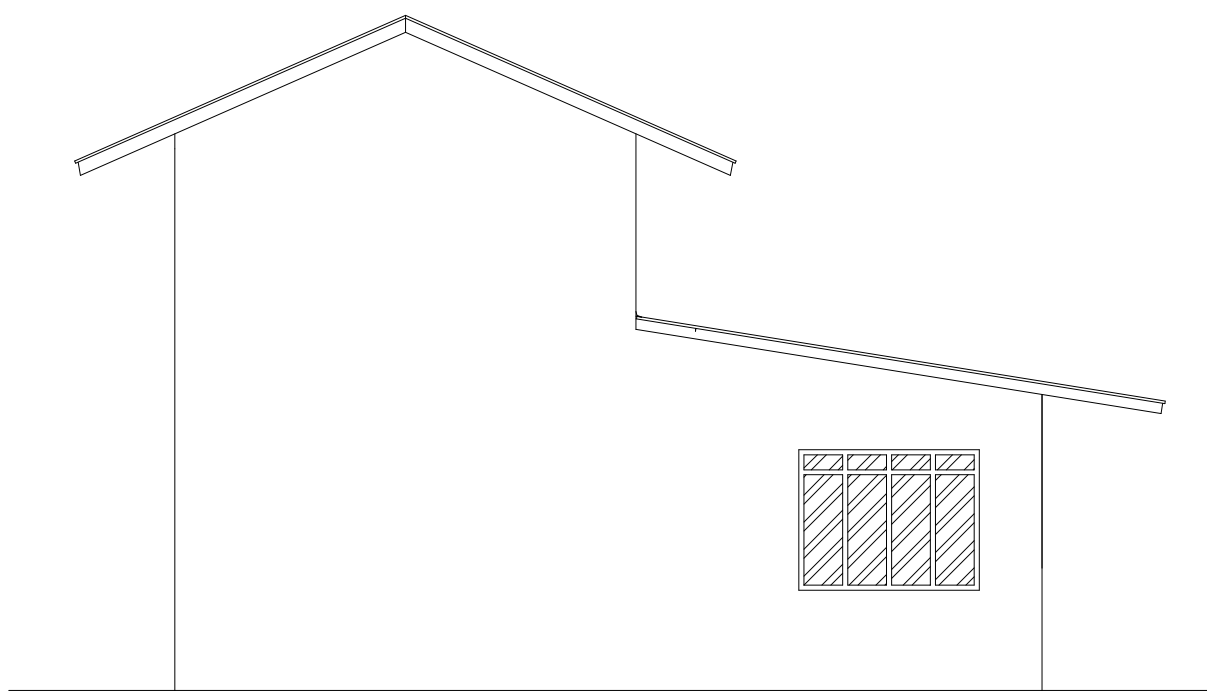
ZOLET, Marcelo. **Potencial de aproveitamento de água de chuva para uso residencial na região urbana de Curitiba**. 2005. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia Ambiental. Pontifícia Universidade.



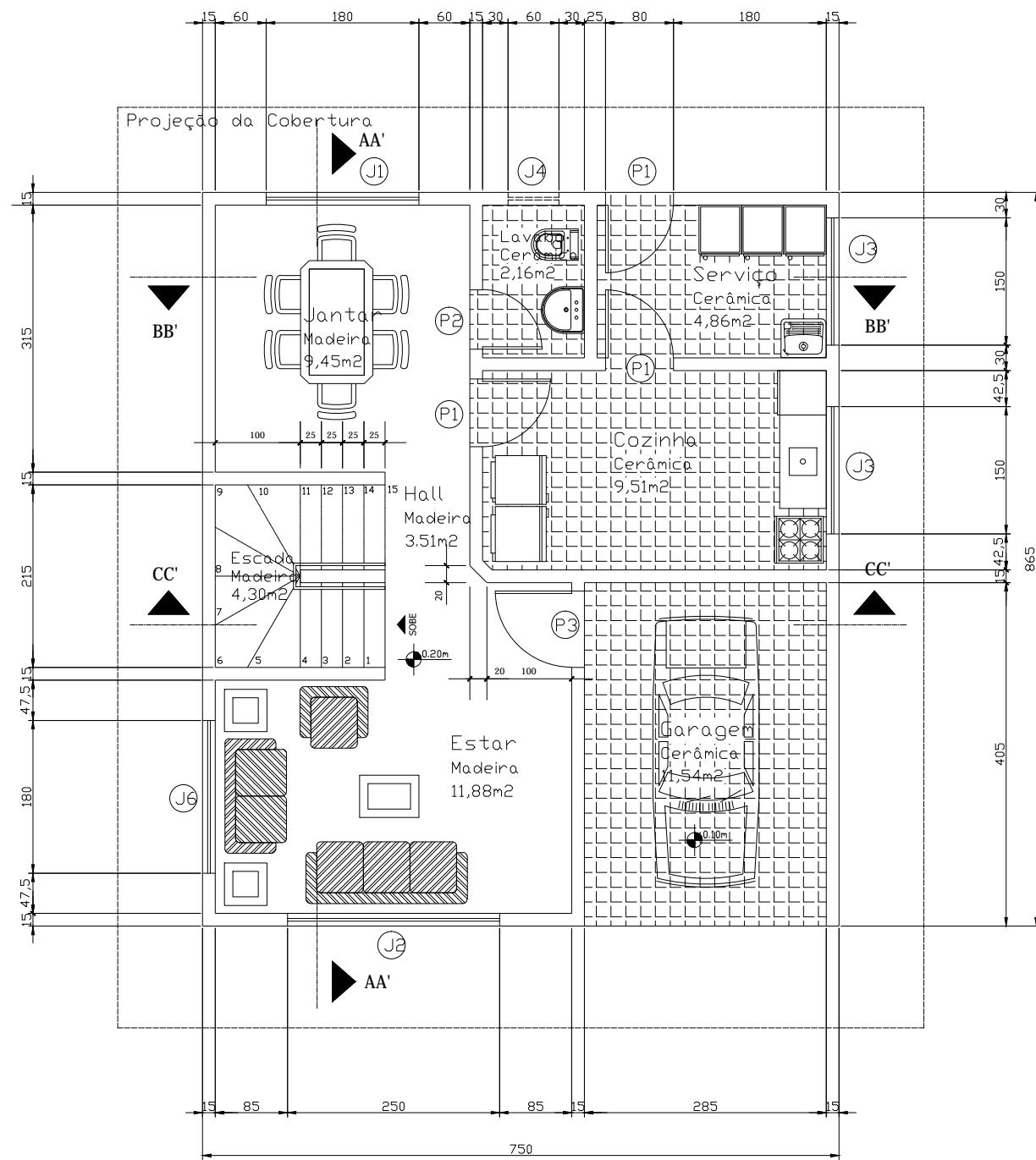
CORTE BB'
ESCALA: 1:75



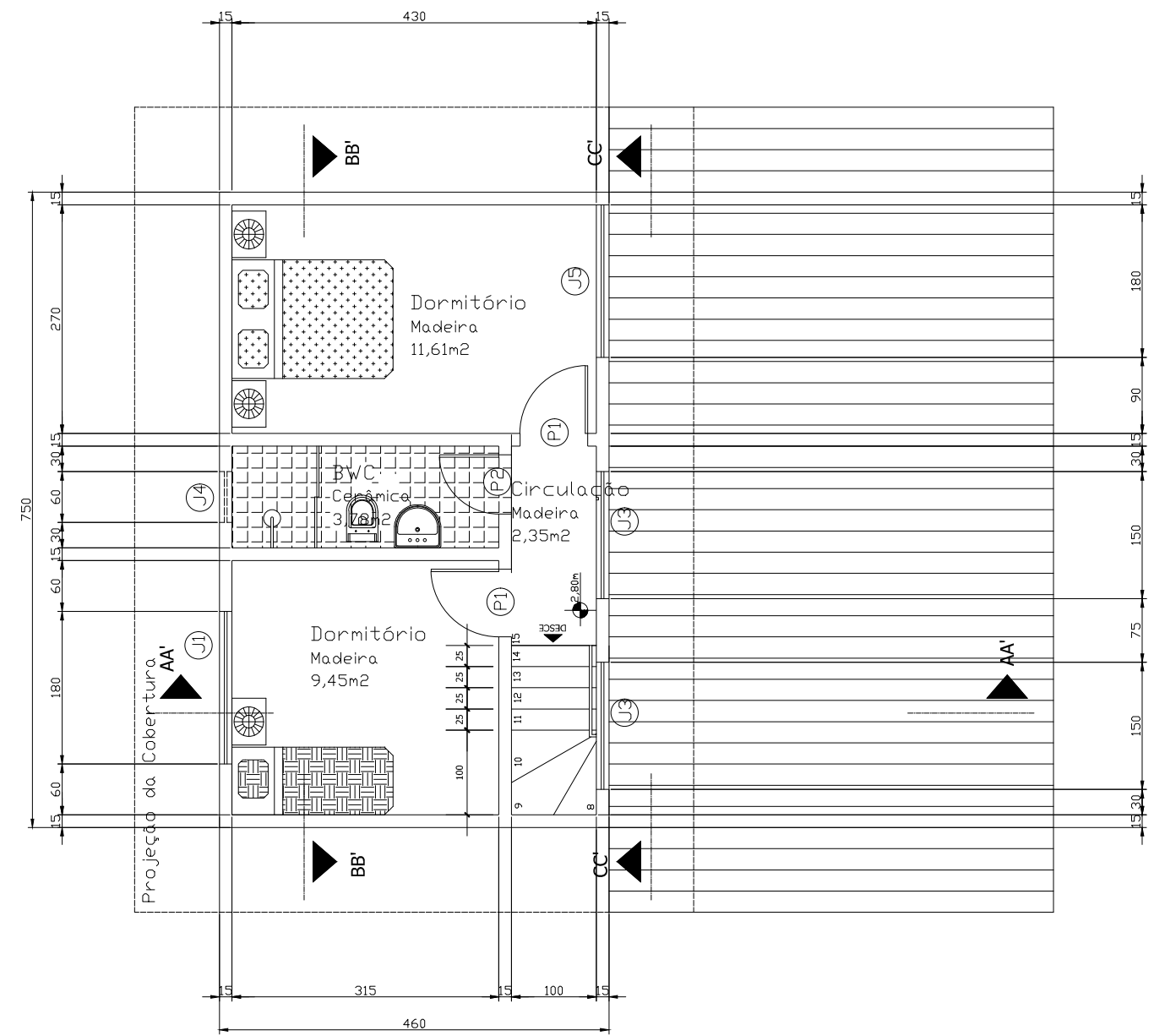
ELEVACAO FRONTAL
ESCALA: 1:75



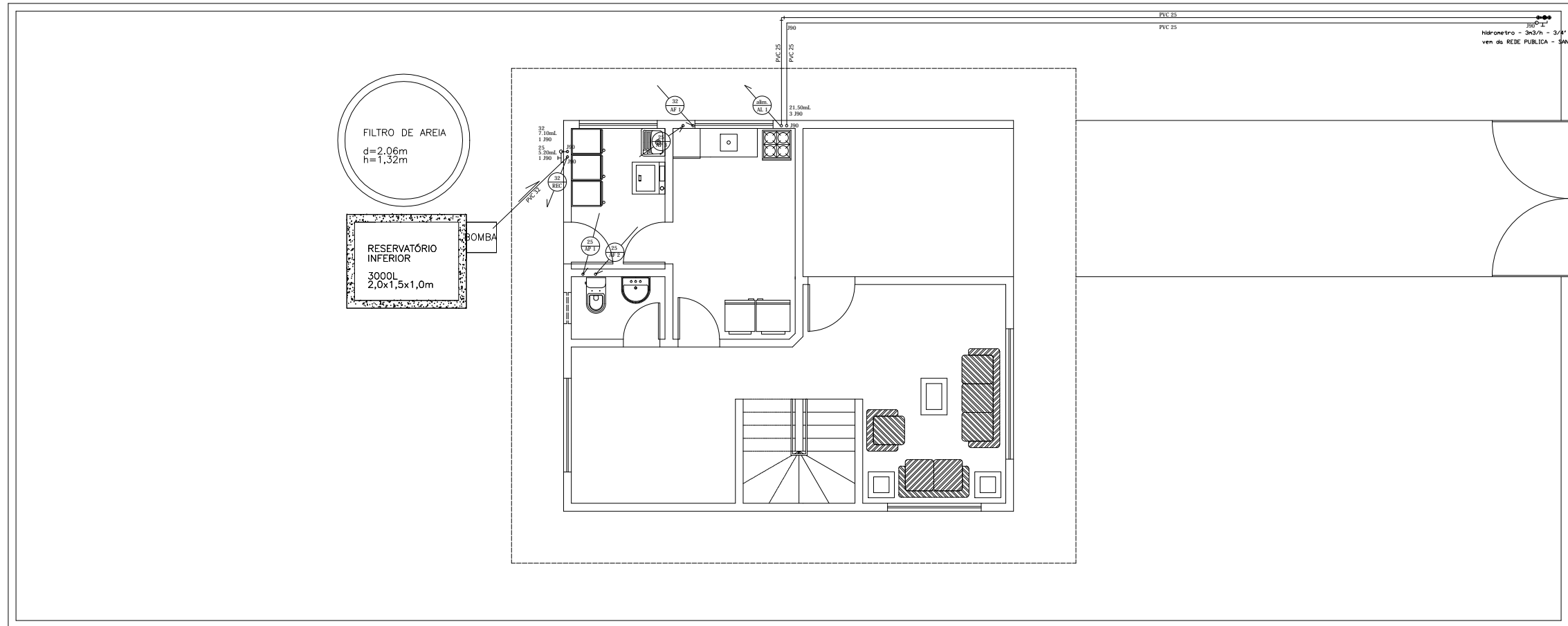
ELEVACAO LATERAL ESQUERDA
ESCALA: 1:75



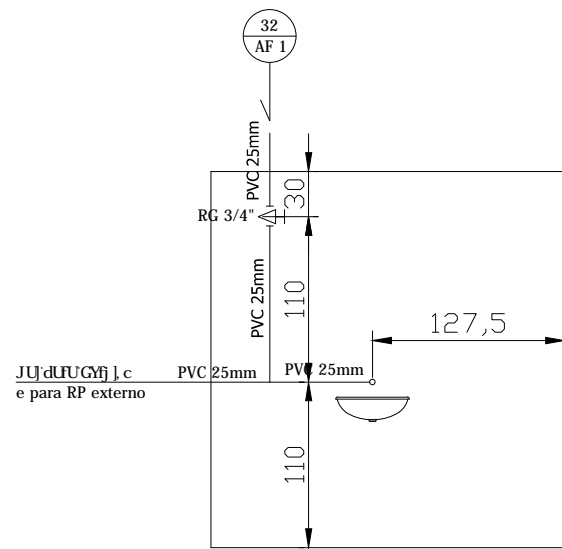
PLANTA DO PAVIMENTO TERREO
 AREA: 64,875 m²
 ESCALA: 1:75



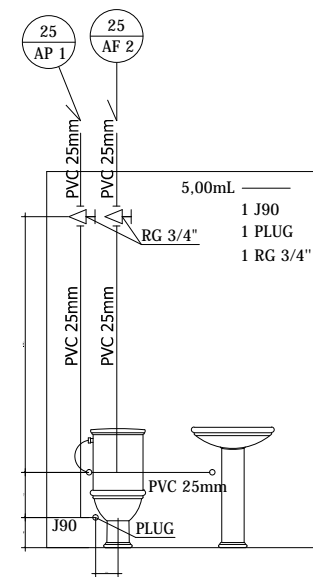
PLANTA DO PAVIMENTO SUPERIOR
 AREA: 34,500 m²
 ESCALA: 1:75



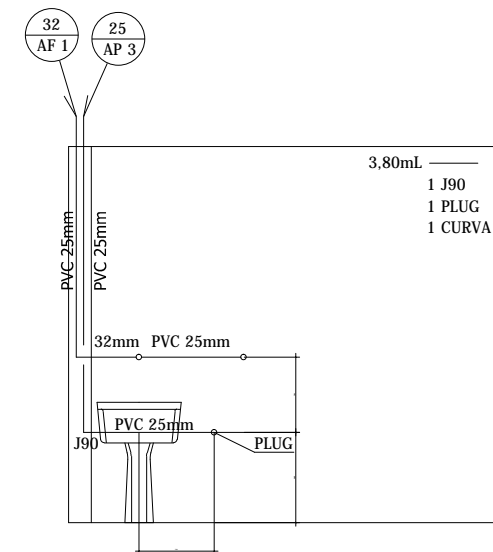
PLANTA DO PAVIMENTO TERREO
ESCALA: 1:100



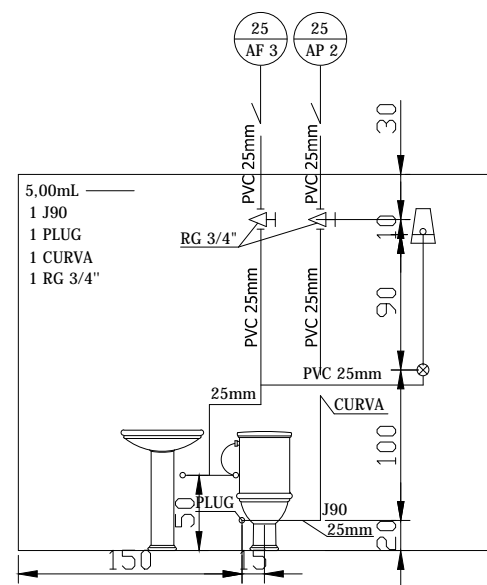
Detalhe da Cozinha
Escala 1:50



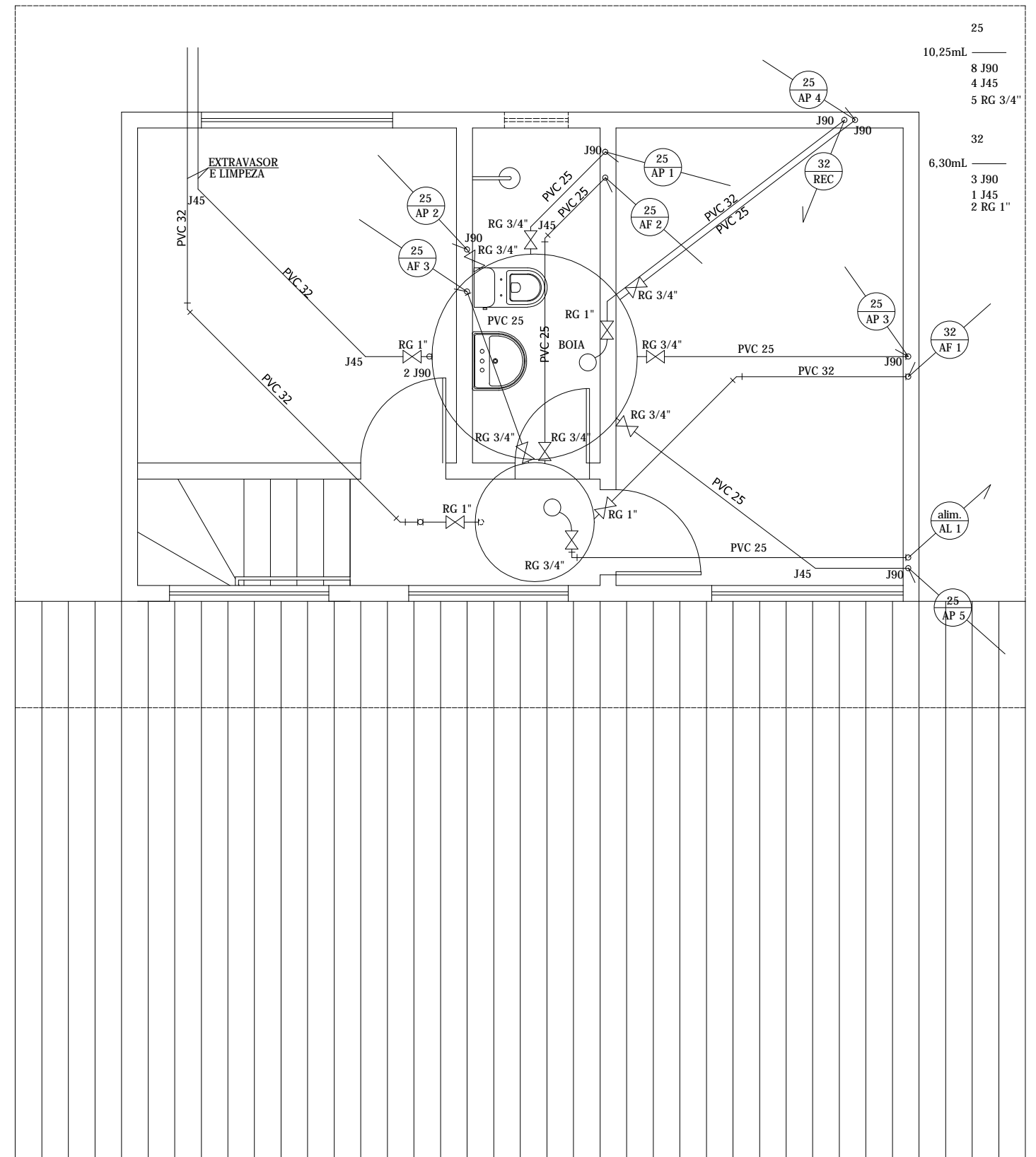
Detalhe do Lavabo
Escala 1:50



Detalhe da Area de Serviço
Escala 1:50



Detalhe do Banheiro
 Escala 1:50



PLANTA DO PAVIMENTO SUPERIOR
 ESCALA: 1:50

APÊNDICE B - Compatibilização entre a oferta e a demanda das águas residuárias

ÁGUA RESIDUÁRIA		PLUVIAL	ESGOTOS DOMÉSTICOS		
			ÁGUAS CINZAS	ÁGUAS NEGRAS	
ÁGUA CAPTADA	OFERTA	(L/dia)	312,88	363,39	129,60
	QUALIDADE	(Caracterização)	pH: 5,30 - 6,70 Turbidez: 0,02 - 3,22 UNT CF*(NMP/100mL): 0 - <18 CT**(NMP/100mL): <18 - 330 DBO: 1,3 mg / L DQO: 19,00 - 55,00 mg / L Cor: ≤ 10 UH Fósforo: 0,6 - >30 mg / L Sólidos totais: 27,8 mg / L	pH: 5,99 - 7,58 Turbidez: 90 - 289 UNT CF*(NMP/100mL): 2 - 1,6x[10]^7 Cor: 70 - 170,7 UH DBO: 425 - 725 mg / L Fósforo: 1,10 - 13,20 mg / L Sólido suspenso total: 70 - 220 mg / L Sólido dissolvido total: 434 - 720 mg / L	pH: 7,84 Turbidez: 90 - 289 UNT CF*(NMP/100mL): 4x[10]^8 CT**(NMP/100mL): 1,5x[10]^9 Cor: 411,8 UH DBO: 1.893 mg / L DQO: 6619 mg / L Fósforo: 54,46 mg / L Sólido suspenso total: 70 - 220 mg / L
VASO SANITÁRIO	DEMANDA	(L/dia)	129,60		
	QUALIDADE	CLASSE I	pH: 6 - 9 Turbidez: ≤2 UNT Coliformes fecais (NMP/100mL): Não detectável Cor: ≤ 10 UH DBO: ≤10 mg / L Fósforo: ≤ 0,1 mg / L Sólido suspenso total: ≤ 5 mg / L		
LAVAGEM DE CALÇADA	DEMANDA	(L/dia)	8,33		
	QUALIDADE	CLASSE I	pH: 6 - 9 Turbidez: ≤2 UNT Coliformes fecais (NMP/100mL): Não detectável Cor: ≤ 10 UH DBO: ≤10 mg / L Fósforo: ≤ 0,1 mg / L Sólido suspenso total: ≤ 5 mg / L		
LAVAGEM DE VEÍCULOS	DEMANDA	(L/dia)	10,00		
	QUALIDADE	CLASSE I	pH: 6 - 9 Turbidez: ≤2 UNT Coliformes fecais (NMP/100mL): Não detectável Cor: ≤ 10 UH DBO: ≤10 mg / L Fósforo: ≤ 0,1 mg / L Sólido suspenso total: ≤ 5 mg / L Sólido dissolvido total: ≤ 500 mg / L		
MÁQUINA DE LAVAR ROUPA	DEMANDA	(L/dia)	89,60		
	QUALIDADE	CLASSE I	pH: 6 - 9 Turbidez: ≤2 UNT Coliformes fecais (NMP/100mL): Não detectável Cor: ≤ 10 UH DBO: ≤10 mg / L Fósforo: ≤ 0,1 mg / L Sólido suspenso total: ≤ 5 mg / L Sólido dissolvido total: ≤ 500 mg / L		
REGA DE JARDIM	DEMANDA	(L/dia)	75,34		
	QUALIDADE	CLASSE III	pH: 6 - 9 Turbidez: ≤5 UNT Coliformes fecais (NMP/100mL): 200 Cor: ≤ 30 UH DBO: ≤20 mg / L Cloro residual: ≤ 1,0 mg / L Sólido suspenso total: ≤ 3 mg / L		
TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO	DEMANDA	(L/dia)	129,60		
	QUALIDADE	-	-		

* CF = Coliformes Fecais

** CT = Coliformes Totais

Fonte: Autorial Própria