

RENAN REIS SOUSA

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DA
IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO
DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

SÃO CARLOS

2019

RENAN REIS SOUSA

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA
DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA RESIDÊNCIA
UNIFAMILIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado ao Curso de Graduação de
Engenharia Civil do Centro Universitário Central
Paulista, como requisito para a obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Simar Vieira de Amorim

SÃO CARLOS

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, saúde e pela minha família.

A minha família, Carla, Gabriel e Benjamin, pelo apoio, paciência, compreensão, ajuda e carinho dedicados.

Aos meus pais, pelo incentivo, ajuda e confiança, apesar de todos os erros e acertos na minha jornada.

Ao meu orientador Dr. Simar Vieira de Amorim por me auxiliar no desenvolvimento deste trabalho.

Não existe um caminho para a felicidade. A felicidade é o caminho.
Mahatma Gandhi

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	JUSTIFICATIVA	7
1.2	OBJETIVO	7
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1	ÁGUA E SANEAMENTO	8
2.2	A ESCASSEZ DE ÁGUA NO BRASIL	10
2.2.1	Degradação do meio ambiente	10
2.2.2	Desenvolvimento sustentável	11
2.3	O CICLO HIDROLÓGICO	13
2.3.1	Precipitações atmosféricas	14
2.4	APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	16
2.4.1	Aproveitamento de água pluviais ao longo da história	16
2.4.2	O aproveitamento de água pluviais no Brasil	17
2.4.3	Norma para aproveitamento de águas pluviais	20
2.4.4	Critério de qualidade para o aproveitamento de águas pluviais	21
2.4.5	Sistema para aproveitamento de águas pluviais	21
2.4.6	Dimensionamento de um sistema de aproveitamento de águas pluviais	22
3	MATERIAIS E MÉTODOS	36
4	RESULTADOS	38
4.1	DIMENSIONAMENTO	42
4.1.1	Determinação da área de contribuição de águas pluviais	42
4.1.2	Determinação da Intensidade Pluviométrica	44
4.1.3	Cálculo das vazões de projeto	44
4.1.4	Dimensionamento das calhas	45
4.1.5	Dimensionamento dos condutores Verticais	47
4.1.6	Dimensionamento dos condutores Horizontais	49
4.1.7	Dimensionamento do Reservatório Inferior	50
4.2	PROJETO HIDROSSANITÁRIO	64
4.3	ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA	73
4.3.1	Investimento	73
4.3.2	Custo evitado com o consumo de água	74
4.3.3	Análise de viabilidade econômica	74

5	DISCUÇÕES E CONCLUSÕES.....	76
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIC	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ciclo Hidrológico	14	
Figura 2 - Fortaleza de Santo Antônio de Ratonos, Florianópolis/SC	18	
Figura 3 - Esquema simplificado do sistema de aproveitamento de água pluvial	22	
Figura 4 - Esquema demanda de água	23	
Figura 5 - Proteção de calhas para evitar acúmulo de detritos	24	
Figura 6 - Filtro autolimpante.....	26	
Figura 7 - Esquema para cálculo do volume de água a ser descartado.....	26	
Figura 8 - Tonel de descarte para pequenas áreas de captação	28	
Figura 9 - Reservatório de descarte com torneira-boia	29	
Figura 10 - Componentes do reservatório	29	
Figura 11 - Reservatório de armazenamento	30	
Figura 12 – Vista Superior da Residência em perspectiva.....	39	
Figura 13 - Fachada em perspectiva.....	40	
Figura 14 – Planta pav. inferior humanizada	Figura 15 - Planta pav. superior humanizada.....	41
Figura 16 - Corte Longitudinal	41	
Figura 17 - Determinação da área de captação	42	
Figura 18 - Planta da cobertura.....	43	
Figura 19 - Ábaco para determinação do diâmetro de condutores verticais.....	48	
Figura 20 - Conductor Vertical Amanco	49	
Figura 21 - Gráfico de chuvas mensais de São Carlos/Sp.....	52	
Figura 22 - Cisterna para águas pluviais Fortlev	55	
Figura 23 - Corte para verificação das alturas de sucção e recalque.....	56	
Figura 24 - Catálogo de moto-bombas centrífugas Schneider	59	
Figura 25 - Disposialtivo de gradeamento	60	
Figura 26 - Filtro de pré-tratamento de águas pluviais VF-1	60	
Figura 27 - Filtro de polipropileno Fortlev	62	

Figura 28 - Corte longitudinal jardim frontal (projeto arquitetônico).....	64
Figura 29 -Detalhe do corte da cisterna renderizado (projeto arquitetônico).....	64
Figura 30 - Isométrica Geral.....	65
Figura 31 - Isométrica do detalhamento dos reservatórios superiores.....	66
Figura 32 - Isométrica do detalhamento dos reservatórios enterrados	67
Figura 33 - Corte Transversal Geral.....	68
Figura 34 - Corte longitudinal geral	69
Figura 35 - Corte do detalhamento dos reservatórios enterrados	70
Figura 36 - Corte do detalhamento dos reservatórios superiores.....	71
Figura 37 – Vista superior do detalhamento da cisterna	71
Figura 38 - Vista superior geral	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Métodos de dimensionamento do reservatório.....	31	
Tabela 2 - Diferentes qualidade de águas para diferentes aplicações	33	
Tabela 3 - Técnicas de tratamento de águas pluviais em função da localização ..	33	
Tabela 4 - Consumo diário per capita de água.....	39	
Tabela 5 - Áreas de Contribuição.....	43	
Tabela 6 - Área de contribuição por calha.....	44	
Tabela 7 - Vazão de Projeto das calhas.....	45	
Tabela 8 - Coeficiente de rugosidade.....	46	
Tabela 9 - Calhas C1, C2, C3 e C4	Tabela 10 - Calha C5	47
Tabela 11 - Dimensionamento Condutores verticais.....	48	
Tabela 12 - Dimensionamento dos condutores Horizontais	49	
Tabela 13 - Capacidade de condutores Horizontais.....	50	
Tabela 14 - Demanda mensal de água	51	
Tabela 15 - Coeficiente de escoamento médios	52	
Tabela 16 - Dimensionamento do reservatório inferior pelo Método de Rippl	54	
Tabela 17 - Cálculo dos diâmetros de recalque e sucção.....	56	
Tabela 18 - Cálculo das perdas de carga de recalque e sucção.....	58	
Tabela 19 - Cálculo dos comprimentos equivalentes	58	
Tabela 20 - Cálculo da altura manométrica.....	58	
Tabela 21 – Investimento detalhado	73	
Tabela 22 - Custos com consumo de água	74	

RESUMO

Atualmente, a conscientização sobre a limitação do uso de água potável vem aumentando e se difundindo em toda a sociedade. Pontos pertinentes a importância da preservação dos recursos hídricos, ganham cada dia maior destaque na mídia televisiva e principalmente nas mídias sociais. Porém, a utilização de tecnologias de aproveitamento de águas pluviais no Brasil ainda é muito baixa em relação ao grande potencial hídrico do país, principalmente nas regiões sul, sudeste e norte, que possuem períodos de chuvas praticamente o ano todo. Existem técnicas de aproveitamento de águas pluviais das mais diferentes escalas, valores e níveis de automação, todas são soluções sustentáveis que contribuem para uso racional da água, preservando os recursos hídricos para as futuras gerações. O presente trabalho desenvolvido tem por objetivo elaborar um projeto de implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para uso não potável em uma residência unifamiliar, analisando sua viabilidade técnico-econômica, definindo todo o processo de captação, pré-tratamento e armazenamento, para utilização na irrigação de jardins, lavagem de áreas externas, veículos e roupas, além da descarga nos vasos sanitários, onde o consumo de água é relevante. O método de pesquisa foi baseado em um estudo de caso desenvolvido na cidade de São Carlos/sp, onde se fez o levantamento do histórico de precipitações da cidade ao longo dos anos, dimensionamento dos reservatórios, tubulações, filtros, sistemas de bombeamento e demais componentes constituintes do sistema. No final, pode-se determinar o investimento necessário para a implantação e analisar sua viabilidade econômica, que mesmo tendo um payback de 10 anos, apresenta-se como um investimento de baixo risco e com rentabilidade muito acima do encontrado atualmente no mercado.

ABSTRACT

Nowadays, the concern about the drinking water restriction is increasing and spreading through society. Every day, important points concerning water resources preservation are becoming more prominent in television and especially in social media. However, water reuse technologies in Brasil are still very low compared to its great hydro potential, mainly in the south, southeast and north regions that have rain periods during entire year. There are water reuse techniques of diferente scales, values and automation levels, all of them are sustainable solutions to contribute to rational water use, preserving water resouces to future generations. The objective of this work is to develop a non-potable water reuse project for a single family residence, analyzing its technical and economic viability, detailing the water collection, pretreatment and storage process for use in garden irrigation, outdoor, vehicles and clothes washing, in addition to toilets flushing, that have relevant water consumption. The research method was based on a case study developed in São Carlos/sp, it was made a historical precipitation research over the years, calculating the reservoirs volume, pipes, filters, pumping systems and other components. In the end, it was calculated the investment required for this project implementation and analyzed its economic viability, even with a payback of 10 years, it is a low risk investment and have a profitability better than currently founds in the market.

1 INTRODUÇÃO

No mundo atual, há uma grande preocupação da sociedade em relação à conservação dos recursos naturais. Nesta linha, a água, além de ser um recurso essencial a vida na Terra, é fonte primordial para que haja desenvolvimento econômico e tecnológico em todo mundo. Segundo dados da (UNIÁGUA, 2010) cerca de 2/3 da superfície do planeta Terra são dominados pelos oceanos. O volume total de água na Terra é estimado em torno de 1,35 milhões de quilômetros cúbicos, sendo que 97,5% deste volume são de água salgada, encontrada em mares e oceanos. Já 2,5% são de água doce, porém localizada em regiões de difícil acesso, como aquíferos (águas subterrâneas) e geleiras. Apenas 0,007% da água doce encontra-se em locais de fácil acesso para o consumo humano, como lagos, rios e na atmosfera.

A distribuição desigual da água pelas diferentes regiões do planeta faz com que haja uma potencialização da escassez de água em determinadas áreas. No Brasil, pode-se citar como exemplos a Região Sudeste do Brasil, que dispõe de um potencial hídrico de apenas 6% do total nacional, porém conta com 43% do total de habitantes do país, enquanto a Região Norte, que compreende a Bacia Amazônica, apresenta 69% de água disponível, contando com apenas 8% da população brasileira.

O progressivo aumento da demanda de água doce é função do aumento da população, das áreas de agriculturas irrigadas e do uso da água nos diversos segmentos industriais. Também devem ser somados a este cenário, o mau uso, o desperdício e as contaminações de todos os tipos, que acabam gerando, conseqüentemente, a redução e a deterioração gradual da qualidade da água (CORREIA NETO, 2010). Segundo Tocchetto (2008), no Brasil, a taxa de desperdício de água é de 70% o que mostra a falta de preocupação da população com a possível escassez de água, pois a oferta gratuita de recursos naturais oferecidos pela natureza e o pensamento de inesgotabilidade, contribuem para com estas atitudes e levam a população ao descomprometimento com a proteção e o equilíbrio ecológico.

O aproveitamento de água é considerada uma opção inteligente no mercado mundial, a necessidade de aplicação desta tecnologia está no próprio conceito de sustentabilidade dos recursos ambientais. (COSTA e TELLES, 2010). O aproveitamento tem como base a necessidade de um sistema de reservação e de

distribuição específicos, sendo que todos eles devem ser identificados de modo claro e inconfundível para impedir o uso errado ou mistura com o sistema de água potável ou outros fins. (COSTA e TELLES, 2010). O sistema de captação de águas pluviais vem sendo utilizado mais comumente nos países Europeus e Asiáticos. Nesses países são oferecidos financiamentos para a construção e utilização deste sistema.

1.1 JUSTIFICATIVA

Diante do risco cada vez mais iminente de escassez de água no planeta e principalmente no Brasil, se faz necessário o aprofundamento de estudos e ações que busquem aumentar a quantidade de residências que utilizam sistemas de aproveitamento de águas pluviais, tornando esta tecnologia mais eficiente, economicamente viável e acessível à população.

1.2 OBJETIVO

Elaborar um Projeto Técnico de implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em uma residência unifamiliar na cidade de São Carlos/SP, analisando sua viabilidade técnico-econômica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ÁGUA E SANEAMENTO

Desde as mais antigas civilizações há registros sobre a estreita relação entre problemas de saúde e a obtenção de água e alimento, bem como a melhoria do ambiente físico (DIMITROV, 2000).

A existência de relação entre a saúde das populações humanas e o meio ambiente já estava presente nos primórdios da civilização, registrada nos escritos hipocráticos e, no século XIX, a identificação desta relação foi essencial para se pensar na necessidade de melhorias ambientais nos grandes centros urbanos do mundo desenvolvido (Barreto, 1998).

A água, como um elemento essencial à subsistência e às atividades humanas, é considerada um bem imprescindível à vida, além de ser um fator condicionante do desenvolvimento econômico e do bem-estar social, representado tanto pela quantidade, como pela qualidade (CUNHA, 1980).

Cerca de 2/3 da superfície do Planeta Terra é constituída por água, sendo que 97,4% está presente nos oceanos e mares, 2% está armazenada nas geleiras e apenas 1% está disponível para uso, armazenada nos lençóis subterrâneos, lagos, rios e na atmosfera (UNIAGUA, 2001). Apesar disso, durante milênios a água foi considerada um recurso infinito; hoje, com a poluição, a degradação ambiental e a crescente demanda e desperdício, encontra-se uma situação de intensa diminuição da disponibilidade de água limpa em todo o Planeta, fato que vem preocupando especialistas e autoridades no assunto.

Por mais abundante que seja, essa reserva é insuficiente para atender a um processo de demanda infinita, principalmente diante do desperdício e da poluição descontrolada dos mananciais. A água é reutilizável desde que encontre condições que permitam um equilíbrio ecológico no meio receptor, pois a capacidade da natureza

de autodepuração não é ilimitada, exigindo em muitos casos que, após sua utilização, a água sofra um prévio tratamento antes de ser reutilizada (CYNAMON ET AL., 1992).

Recurso natural de valor econômico, estratégico e social, essencial à existência e ao bem estar do homem e à manutenção dos ecossistemas do planeta, a água é um bem comum a toda a humanidade. O Brasil detém 11,6% da água doce superficial disponível no Planeta; 70% da água disponível para uso está localizada na região Amazônica e os 30% restantes distribuem-se desigualmente pelo país para atender a 93% da população brasileira; como exemplo, a região sudeste, constituída por 42,65% da população brasileira, detém apenas 6% dos recursos hídricos (UNIAGUA, 2001).

A água destinada ao consumo humano deve atender a certos requisitos de qualidade, os quais variam de acordo com diferentes realidades. Naturalmente a água contém impurezas que podem ser caracterizadas como de ordem física, química ou biológica e os teores dessas impurezas devem ser limitados até um nível não prejudicial ao ser humano, sendo estabelecidos pelos órgãos de saúde pública, como padrões de potabilidade (MOTTA, 1993).

No Brasil, a Portaria 36/GM de 1990, do Ministério da Saúde e, mais recentemente, a Portaria 1469 de 2000, estabelecem os padrões e o monitoramento da qualidade da água e consideram padrão de potabilidade como sendo “o conjunto de valores máximos permissíveis das características de qualidade da água destinada ao consumo humano” (Brasil, 1990 p. 03; Brasil, 2000a). “Somente a água potável, isto é, a que não contém agentes patogênicos nem substâncias químicas além dos limites de tolerância, é própria para o consumo humano; por isso o seu uso deve ser entendido fundamentalmente como fator contributivo no controle de doenças, no aumento de vida média e, sobremaneira, na diminuição da mortalidade infantil” (ANDRADE et al., 1986 p.49).

Segundo esse mesmo autor, a presença de água encanada propicia uma diminuição na incidência de casos de diarreia que é provocada, em grande parte, por água contaminada e é considerada uma das principais causas de mortalidade infantil.

Além de trabalhos que demonstram a preocupação com a qualidade da água consumida, encontram-se também na literatura científica, relatos de pesquisas que associam o inadequado armazenamento de água e os possíveis riscos à saúde,

principalmente em decorrência da carência de saneamento ambiental em áreas ocupadas desordenadamente, como as favelas (TAUIL, 2001; OLIVEIRA & VALLA, 2001; SCHATZMAYR, 2001; SILVA JR. et al., 2002). Para esses autores, um dos maiores problemas é a proliferação de criadouros potenciais do mosquito vetor da dengue, em decorrência do precário armazenamento, sendo a mobilização popular, sugerida como uma das soluções possíveis para tal problema.

2.2 A ESCASSEZ DE ÁGUA NO BRASIL

2.2.1 DEGRADAÇÃO DO MEIO AMBIENTE

Percebe-se a gradação de uma desarmonia entre o homem e a terra: “Os recursos naturais são violentados ou subaproveitados e o meio ambiente é alterado, seja pelos países industriais ou ainda por aqueles pertencentes ao Terceiro Mundo” (ADAS, 1994, p.119).

Trata-se de repensar se os instrumentos sofisticados, descobertos com uma velocidade inacreditável, efetivamente proporcionaram ao homem a ilusão de domínio do mundo. Tal não parece prudente, se observada a mensagem a seguir: [...] paralelo ao gosto de se sentir um deus, o homem criou as desigualdades da vida: o enriquecimento de poucos e a fome de muitos, a concentração das metrópoles e o esgotamento lento dos recursos naturais, a descoberta dos agrotóxicos que, usados sem piedade nos campos, exterminaram com o agente natural, e a poluição se fez em todos os cantos do planeta.

Mais do que dar um fim à fome das grandes camadas da população mundial, o homem, pensando em obter cada vez mais lucro, passou da agricultura de subsistência para a agricultura de mercado e a agroindústria. Produzir mais passou a ter maior importância do que oferecer qualidade.

A revolução industrial e o surgimento das novas tecnologias criaram a ideia de poder. [...] Hoje, quando a criminalidade está disseminada, o ser humano luta por um teto, por comida, por cultura e por um espaço seu (VICTORINO, 2000, p.17). Sobre a degradação do meio ambiente, cabe revelar que os custos sociais e

monetários são altíssimos, e que não incluí-los nos custos e preços da economia significa apenas transferi-los para a sociedade, enquanto os lucros são creditados à diligência e eficiência dos gerentes e os dividendos são pagos aos acionistas.

Ciente disso, cumpre referir que o desenvolvimento de novas tecnologias traz em seu bojo a degradação dos recursos, produção de dejetos materiais e consumo de energia e outros suprimentos, desencadeando num estirão sem fim de apropriação da natureza, conforme depõe Rattner (1999, p. 109): A situação global, caracterizada pela rápida deterioração ambiental em escala global – isto é, pelo efeito estufa, destruição da camada de ozônio, chuva ácida, desmatamento, erosão do solo e crescimento dos desertos, perda de inúmeras espécies de plantas e animais, contaminação tóxica do ar e da água – resultarão inevitavelmente em maiores pressões sociais e políticas para o desenvolvimento de tecnologias mais avançadas e para impor severas restrições sobre violações de normas e leis de proteção e conservação ambientais.

Surge, nesse horizonte, empresas e gerentes que se envolvem nas políticas e diretrizes de ambiente limpo que, lamentavelmente, não constitui a curto prazo, a produção dos resultados esperados na difusão das preocupações ambientais e nas práticas protecionistas (RATTER, 1999)

2.2.2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Rattner (1999) já havia alertado que não se pode lidar com as dimensões econômicas como fenômenos isolados das variáveis sociais, mas é preciso vê-las como um conjunto ou sistema de forças interagindo reciprocamente, e incluir as condições culturais, crenças e valores que exercem forte impacto no comportamento econômico, com implicações nas políticas gerais e específicas.

A busca de um desenvolvimento sustentável compreende a interdependência dos fatores econômicos, técnicos, culturais, políticos e ambientais no processo e não basta a aplicação de boas tecnologias ambientais, mas cabe cumprir as exigências em diferentes padrões de relacionamento social, organizações comunitárias coesas e

solidárias, baseadas em forte motivação, identidade de grupo e valores e interesses comuns.

Findo o século XX, a humanidade se deparou com uma era caracterizada por crises e por novas oportunidades, mescladas em interesses globais: enquanto reduzem-se conflitos ideológicos de leste-oeste, surgem áreas de confrontação, relacionadas ao acesso e conservação de recursos naturais e ambientais, situando contradições entre crescimento econômico e seus sistemas de apoio ambiental, que ameaçam as precárias condições de vida dos países pobres em desenvolvimento.

A maior parte dessa degradação ambiental se deve a ações incentivadas por interesses privados, mas desnecessárias do ponto de vista social. Desde 1990, o Brasil conseguiu aumentar em 125% a produção de grãos, com um aumento de apenas 24% da área plantada. Embora a área total sob plantio tenha aumentado 24%, a área degradada no processo foi muito maior, por causa da baixa intensidade do cultivo e do mau uso da terra.

O resultado é a existência de mais de 16 milhões de hectares de pastagens e áreas degradadas que estão efetivamente abandonadas, apenas na região amazônica (THOMAS, 2004, p.1). Por certo, havendo recuperação dessas áreas, seria possível ao país consolidar a fronteira, aumentando a produção agrícola sem ameaçar a floresta amazônica; os resultados dessa possibilidade estão nas mãos do Estado (THOMAS, 2004). A ressalva de Luna (2007), entretanto, é de que a rápida transformação dos recursos hídricos em mercadoria coloca o mundo diante de uma ameaça: as nações ricas consomem volumes imensos de água, muito acima da média de países pobres.

Constata-se que a Europa, Estados Unidos e Canadá enfrentam o risco de esgotamento de seus mananciais nos próximos anos, tornando-se necessário buscar novas áreas de exploração. O acordo da Alca, por exemplo coloca o acesso às reservas de água doce como questão de comércio internacional, tornando essa mercadoria mais importante do que o direito básico da população de acesso universal a um recurso indispensável à sobrevivência das populações.

O reconhecimento da água como um produto já foi investigado por Detoni e Dondoni (2005) com 109 (cento e nove) acadêmicos de três Instituições de Ensino Superior da cidade de Curitiba, Paraná, públicas e privadas, especificamente a

Pontifícia Universidade Católica (PUC), a Universidade Federal do Paraná (UFPR) e a Tuiuti em 2005 que, ao buscar conhecer o nível de conscientização acadêmica acerca da questão da escassez da água no planeta, constatou que 38,53% confirmam haver consciência sobre esse problema, mas, 34,86% ressaltaram que essa conscientização não vem acompanhada de mudanças de atitudes. Quanto à disponibilidade de informações sobre a questão da escassez da água, 30,17% das respostas indicam que as informações existentes não alcançam todas as pessoas, e 24,14% que o acesso às informações não implica em conscientização por parte das pessoas. Para 20,69% das respostas, poucas pessoas acreditam que venha a faltar água no planeta.

2.3 O CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico é uma realidade essencial do ambiente. É também um agente modelador da crosta terrestre devido à erosão e ao transporte e deposição de sedimentos por via hidráulica. Condiciona a cobertura vegetal e, de modo mais genérico, a vida na Terra. Segundo Derisio (2004), é possível analisar e afirmar que a quantidade de água existente na Terra, era constante até o surgimento do homem.

O ciclo hidrológico é um fenômeno pelo qual a água passa do globo terrestre para a atmosfera, na fase de vapor, e regressa a ela nas fases sólida e líquida. Pode-se afirmar então que o ciclo hidrológico consiste na circulação de água no planeta devido às mudanças de seu estado físico. A evaporação é a transferência do volume de água no estado líquido para a atmosfera. O vapor de água é transportado pela circulação atmosférica e condensa-se após percursos muito variáveis, que podem ultrapassar 1000 km. A água condensada dá lugar à formação de nevoeiros e nuvens e a precipitação a partir de ambos. A precipitação pode ocorrer na fase líquida (chuva ou chuveiro) ou na fase sólida (neve ou granizo).

A precipitação inclui também a água que passa da atmosfera para o globo terrestre por condensação do vapor de água (orvalho) ou por congelação daquele vapor (geada). Uma parte da água precipitada retorna diretamente à atmosfera por evaporação; a outra retorna pelo escoamento dos leitos dos rios e pelos fluxos

subterrâneos de água e uma parte também acaba por infiltrar-se no interior do solo. Todo esse processo de evaporação e precipitação da água faz com que a quantidade de água total da Terra permaneça constante.

Segundo Jaques (2005), todo esse processo está integrado com o desenvolvimento da biosfera e com o fluxo de luz e calor que vem do Sol e do interior da Terra. A energia solar é a fonte da energia térmica necessária para a passagem da água das fases líquida e sólida para a fase do vapor; é também a origem das circulações atmosféricas que transportam vapor de água e deslocam as nuvens.

Figura 1 - Ciclo Hidrológico



Fonte: <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleportuguesehi.html> - acesso em 26/06/2019

O homem também tem participação nesse ciclo, não apenas consumindo água, mas também através de sua retenção em represas, o que altera o regime das chuvas, da ação na vegetação, da irrigação de solos secos e da poluição. Todo esse processo do ciclo da água, influenciado por seus inúmeros fatores, é que resultam nesse processo dinâmico e se estende por todo planeta, como afirma Jaques (2005).

2.3.1 PRECIPITAÇÕES ATMOSFÉRICAS

Um dos principais fatores a serem considerados, ao se idealizar qualquer projeto voltado ao aproveitamento dos recursos hídricos, é a medida da quantidade

de chuva que cai numa área num determinado tempo. Como a área é fixada convencionalmente em m², a medida volumétrica se transforma em medida de altura que normalmente se classifica em:

- Região de baixa precipitação: <800 mm/ ano;
- Região de média precipitação: (800 a 1.600) mm/ ano;
- Região de alta precipitação: > 1.600 mm/ano.

A intensidade instantânea de uma precipitação sobre um determinado pluviógrafo, definida como a relação entre acréscimo de precipitação e o lapso de tempo em que ocorre, é extremamente variável no decorrer do tempo. A intensidade a ser considerada para a aplicação de método é a máxima média observada num certo intervalo de tempo para o período de recorrência fixado. O intervalo que corresponde à situação crítica, ou seja, a duração da chuva a considerar, será igual ao tempo de concentração de bacia.

Conforme sejam as necessidades, a chuva é medida por minuto de ocorrência, em horas de ocorrência, em dias de ocorrência, ou até em anos (Botelho, 1998). A fórmula geral do cálculo de intensidade da precipitação se dá (equação 1):

$$(1) i = K.Tr.m.(t + to).n$$

Onde:

- i = intensidade de precipitação máxima média (mm/h)
- t = tempo de duração da chuva (min)
- Tr = tempo de recorrência (anos)
- K, to, m, n = parâmetros a determinar para o local.

2.4 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

2.4.1 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS AO LONGO DA HISTÓRIA

O manejo e o aproveitamento da água da chuva não é uma prática nova, existem relatos desse tipo de atividade há milhares de anos atrás, antes mesmo da era cristã.

No Planalto de Loess na China já existiam cacimbas e tanques para armazenamento de água de chuva há dois mil anos atrás. Na Índia existem inúmeras experiências tradicionais de coleta e aproveitamento de água de chuva. No deserto de Negev, hoje território de Israel e da Jordânia, há 2.000 anos existiu um sistema integrado de manejo de água de chuva (GNADLINGER, 2000).

Existem relatos do uso da água da chuva por vários povos, como os Incas, os Maias e os Astecas. No século X, ao sul da cidade de Oxkutzcab, a agricultura era baseada na coleta da água da chuva, sendo a água armazenada em cisternas com capacidade de 20 a 45 m³, chamadas de Chultuns pelos Maias (GNADLINGER, 2000). As cisternas Chultuns eram escavadas no subsolo calcário e revestidas com reboco impermeável, acima delas havia uma área de coleta de 100 a 200 m².

A coleta e o aproveitamento da água da chuva pela sociedade perdeu força com a inserção de tecnologias mais modernas de abastecimento. Entretanto, atualmente a utilização da água da chuva voltou a ser realidade, fazendo parte da gestão moderna de grandes cidades em países desenvolvidos. Vários países europeus e asiáticos utilizam amplamente a água da chuva nas residências, nas indústrias e na agricultura, pois sabe-se que a mesma possui qualidade compatível com usos importantes, sendo considerada um meio simples e eficaz para atenuar o problema ambiental de escassez de água.

Um dos primeiros estudos realizados neste século sobre o aproveitamento da água da chuva através de cisternas, foi reportado por Kenyon (1929), citado por Myers (1967), composto por um sistema artificial de armazenamento de água de chuva.

No Japão, a coleta da água da chuva ocorre de forma bastante intensa e difundida, em especial em Tóquio, que atualmente depende de grandes barragens, localizadas em regiões de montanha a cerca de 190 km do centro da cidade, para promover o abastecimento de água de forma convencional. Nas cidades do Japão, a

água da chuva coletada, geralmente, é armazenada em reservatórios que podem ser individuais ou comunitários, esses, chamados “Tensuison”, são equipados com bombas manuais e torneiras para que a água fique disponível para qualquer pessoa. A água excedente do reservatório é direcionada para canais de infiltração, garantindo assim a recarga de aquíferos e evitando enchentes, problema também enfrentado pelas cidades japonesas, devido ao grande percentual de superfícies impermeáveis (FENDRICH & OLIYNIK, 2002).

Segundo Gardner, Coombes e Marks (2004), os sistemas de aproveitamento de água de chuva na Austrália proporcionam uma economia de 45% do consumo de água nas residências, já na agricultura, a economia chega a 60%. Estudos realizados no sul da Austrália em 1996 mostraram que 82% da população rural desta região utilizam a água da chuva como fonte primária de abastecimento, contra 28% da população urbana (HEYWORTH, MAYNARD & CUNLIFFE, 1998).

No Reino Unido, o uso da água da chuva também é incentivado, visto que 30% do consumo de água potável das residências é gasto na descarga sanitária (FEWKES, 1999).

Além das residências, outros segmentos da sociedade também começam a olhar com interesse para o aproveitamento da água da chuva. Indústrias, instituições e até mesmo estabelecimentos comerciais. Um exemplo são lava-jatos abastecidos com a água da chuva visando tanto o retorno da economia de água potável quanto o retorno publicitário, se intitulando como indústrias e estabelecimentos ecologicamente corretos e conscientes (KOENIG, 2003).

2.4.2 O APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO BRASIL

Historicamente, no Brasil, o homem já utilizava a captação das águas de chuva para o seu viver, como pode ser constatado na construção da Fortaleza de Santo Antônio de Ratonos (Figura 2), localizada na Ilha de Ratonos Grande, em Santa Catarina que possuía, ainda no século XVIII, uma fonte de água que é considerada por Teixeira (2010):

[...] uma obra de singular beleza e arrojada concepção arquitetônica. De água pura e cristalina, supria toda a guarnição por intermédio de um aqueduto, que une a casa do comandante aos aquartelamentos. Fazia parte do sistema de captação de águas pluviais, provenientes dos telhados dos edifícios principais, e completava o suprimento proveniente da Fonte de Água (TEIXEIRA, 2010, p. 5.)

Figura 2 - Fortaleza de Santo Antônio de Ratonos, Florianópolis/SC



Fonte: Felipe (2014)

No Brasil, uma forma muito utilizada para o aproveitamento da água da chuva é a construção de cisternas, principalmente, no Nordeste. Alguns programas foram criados pelo governo no intuito de melhorar a qualidade de vida da população do semiárido brasileiro.

Além disso, o armazenamento da água da chuva nessas regiões também é incentivado e financiado por Organizações Não Governamentais em parceria com o governo. Como exemplo, pode-se citar a Cáritas, instituição de assistência social de atuação internacional, criada no Brasil em 1957 que, atualmente, desenvolve projetos como o “Programa de Convivência com o Semiárido”, orientando e incentivando a construção de cisternas para armazenamento da água da chuva. Essas organizações ensinam a população a construir suas cisternas, buscando um maior envolvimento dos mesmos com o projeto. Estima-se que nos últimos anos mais de cinquenta mil cisternas foram construídas no semiárido brasileiro (PORTO et al., 1999).

Em algumas metrópoles brasileiras, como São Paulo e Rio de Janeiro, a coleta da água da chuva tornou-se obrigatória para alguns empreendimentos, visando a redução das enchentes.

Não foi encontrada nenhuma Lei Federal, aprovada, que incentive o aproveitamento de água de chuva nas áreas urbanas brasileiras. O que existem são Normas e Portarias que estabelecem padrões de qualidade da água.

Existem algumas leis de incentivo ao aproveitamento de água de chuva, tanto municipais quanto estaduais, a saber:

1)Lei Municipal Nº 13.276/2002 – São Paulo - estado de São Paulo

Lei que torna obrigatória a execução de reservatório para armazenar águas de chuva coletadas por coberturas e pavimentos localizados em lotes ou edificações que tenham área impermeabilizada superior a 500m².

2)Lei Municipal Nº 10.785/2003 – Curitiba - estado do Paraná

Objetiva instituir medidas visando induzir à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações.

3)Lei Municipal Nº 6.345/2003 – Maringá - estado do Paraná

Lei que institui o Programa de Reaproveitamento de Águas de Maringá e que possui como objetivos diminuir a demanda de água potável no município e aumentar a capacidade de atendimento à população.

4)Lei Municipal Nº 2.349/2004 – Pato Branco - estado do Paraná

Essa lei cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água e objetiva instituir medidas que induzam à conservação, ao uso racional e à utilização de fontes alternativas para a captação de água nas novas edificações.

5)Lei Estadual Nº 4.393/2004 - estado do Rio de Janeiro

Lei que obriga empresas projetistas e de construção civil que realizam projetos para o estado do Rio de Janeiro a fazerem previsão de coletores, caixas de armazenamento e distribuidores de água de chuva para as edificações (residências)

que abriguem mais de 50 famílias e empresas comerciais com mais de 50 m² de área construída.

6)Lei Estadual Nº 5.722/2006 - estado de Santa Catarina

Lei que obriga edifícios com um número igual ou superior a 3 pavimentos e área superior a 600m² a instalarem sistema de captação, tratamento e aproveitamento de água de chuva.

7)Lei Municipal Nº 12.474/2006 – Campinas - estado de São Paulo

Essa lei faz parte do Programa Municipal de Conservação, Uso Racional e Reutilização de Água em Edificações. Possui como objetivos a conscientização dos moradores sobre a importância da conservação da água potável, e o incentivo para o uso de águas pluviais e servidas.

8)Lei Estadual Nº 12.526/2007 - estado de São Paulo

Lei que torna obrigatório em todo o estado de São Paulo o uso de sistemas que captem as águas pluviais contidas em áreas cobertas com mais de 500 m², onde telhados, coberturas, terraços e pavimentos, em lotes edificados ou não, terão que adotar um fim para a água reservada.

9)Projeto de Lei Municipal Nº 68/2009 – Belo Horizonte - estado de Minas Gerais

O projeto busca a minimização da ocorrência de enchentes na cidade de Belo Horizonte - MG. Prevê-se a implantação de coletor de águas pluviais e reservatórios em edificações com área impermeabilizada superior a 500m².

2.4.3 NORMA PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

A norma brasileira que versa sobre o aproveitamento de água pluvial é a ABNT NBR 15527:2019 (Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis). Ainda não existe legislação que regulamente e crie diretrizes para o aproveitamento de água de chuva em nível nacional e estadual. Existe um projeto

de lei (PL nº 7.818/2014) em nível federal para criação da Política Nacional de Captação, Armazenamento e Aproveitamento de Águas Pluviais. Em nível estadual existem vários projetos de lei que abordam o assunto, destacando-se o PL nº 1.621/2015 que objetiva criar o Programa de Captação de Água de Chuva.

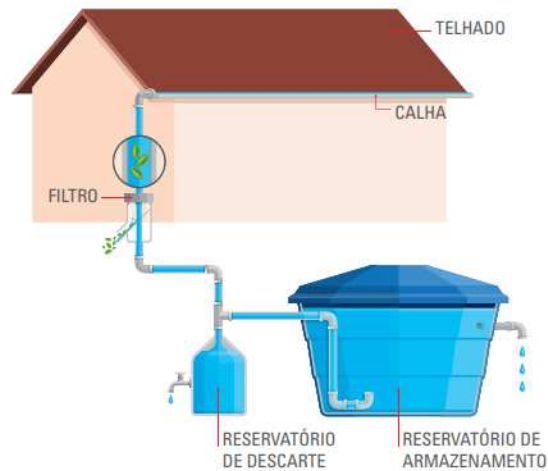
2.4.4 CRITÉRIO DE QUALIDADE PARA O APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Quando se deseja aproveitar a água da chuva, para qualquer fim específico, importante saber que sua aceitabilidade depende diretamente de suas qualidades físicas, químicas e microbiológicas, podendo estas serem afetadas pela qualidade da fonte geradora, da forma de tratamento adotada, da confiabilidade no processo de tratamento e da operação dos sistemas de distribuição (CROOK, 1993).

2.4.5 SISTEMA PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

O sistema de aproveitamento de água de chuva para consumo não potável consiste de um conjunto de elementos, de tecnologia relativamente simples e econômica, que objetiva captar e armazenar a água de chuva para uso futuro. O sistema é composto por: área impermeabilizada de captação, calhas e condutores verticais, filtro autolimpante, reservatório de descarte da água de limpeza do telhado (água da primeira chuva), reservatório de armazenamento e tratamento da água.

Figura 3 - Esquema simplificado do sistema de aproveitamento de água pluvial



Fonte: IPT,2015

2.4.6 DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

a) Determinação da demanda

O dimensionamento do sistema inicia-se com a determinação da vazão diária demandada de água de chuva ou do volume mensal demandado. Essa demanda representa um ou todos os pontos de consumo no empreendimento que permitam a utilização de água de chuva. O empreendedor deve mapear esses pontos e estimar o consumo de água.

O atendimento total ou parcial da demanda depende da qualidade da água captada, da área de captação disponível e dos índices pluviométricos da localidade, bem como de uma análise de viabilidade econômica do sistema.

Figura 4 - Esquema demanda de água



Fonte: Cartilha Conceitos e definições para aproveitamento de águas pluviais da Feam/MG (2015)

b) Determinação da área de captação

A área de captação pode ser qualquer superfície impermeabilizada, dando-se preferência aos telhados que possibilitem a captação da água com melhor qualidade. Telhados com alguma inclinação facilitam a captação de água de chuva e reduzem as perdas. A determinação da área de captação deve preferencialmente seguir as diretrizes da ABNT NBR 10844:1989 – Instalações prediais de águas pluviais.

A área de captação é a projeção do telhado na horizontal. O material do telhado influencia na qualidade da água captada e no coeficiente de escoamento, como apresentado a seguir. Os valores de coeficiente de escoamento mais próximos de 1 são mais indicados para a captação de água de chuva, pois indicam uma perda menor de água na captação.

c) Determinação do índice pluviométrico

Ainda conforme a NBR 10.844:1989: [...] a determinação da intensidade pluviométrica “i”, para fins de projeto, deve ser feita a partir da fixação de valores adequados para a duração de precipitação e o período de retorno. [...] A duração da precipitação deve ser fixada em $t = 5 \text{ min}$ ”. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989).

Os dados de precipitação podem ser obtidos no site <http://www.sigrh.sp.gov.br>. A etapa de organização e rearranjo desses dados é delicada, porque requer bastante atenção e paciência. Nessa etapa, deve-se atentar para qual método de dimensionamento vai ser utilizado, pois em alguns métodos, os dados de precipitação são mensais ou anuais.

d) Dimensionamento das calhas e condutores

O dimensionamento das calhas e condutores deve preferencialmente seguir as diretrizes da ABNT NBR 10844:1989, caso o empreendimento não o possua. Os passos para o dimensionamento são:

1. Determinar a vazão de projeto (Q_p). A intensidade é obtida por meio da equação de chuvas intensas para a localidade
2. Determinar as dimensões da calha;
3. Determinar o material constituinte das calhas que definirá o coeficiente de rugosidade da calha;
4. Calcular a vazão da calha (Q_c) utilizando a fórmula de Manning-Strickler;

Além do correto dimensionamento das calhas é importante que elas possuam dispositivos para retenção dos sólidos grosseiros, tais como folhas, gravetos, pedaços da superfície de coleta. A instalação de telas ou grades é uma maneira simples e eficaz para a remoção desse tipo de material.

Figura 5 - Proteção de calhas para evitar acúmulo de detritos



Fonte: Cartilha Conceitos e definições para aproveitamento de águas pluviais da Feam/MG (2015)

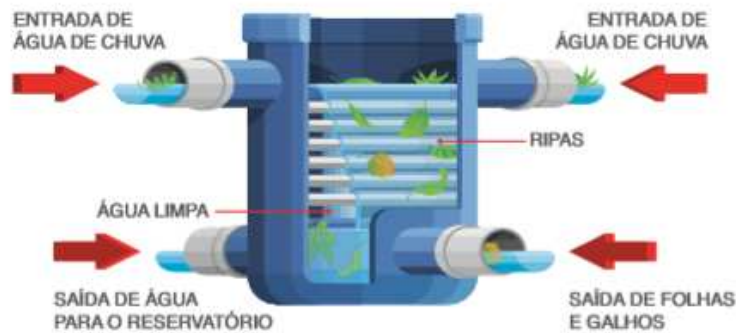
O condutor vertical, que faz a ligação da calha com o condutor horizontal, pode ser definido através do ábaco para calhas com saída em aresta viva da NBR 10.844:1989. Para este cálculo, se parte da vazão de projeto obtida e traça-se uma reta vertical até interceptar a curva que condiz com o comprimento da tubulação, a partir deste ponto traça-se uma reta horizontal até interceptar o eixo das ordenadas, o qual apresenta o diâmetro do condutor a necessário. Os condutores horizontais têm por objetivo encaminhar as vazões acumuladas ao reservatório. Sendo assim, para seu dimensionamento, considera-se a tabela 4 da NBR 10.844:1989.

e) Pré-tratamento

A retenção de sólidos grosseiros também pode ser realizada por meio de filtros autolimpantes, que podem ser fabricados localmente ou adquiridos no mercado. Sua função é remover sólidos grosseiros (galhos, folhas, fezes secas de animais, etc.) que porventura tenham sido carreados pela chuva logo após o início da precipitação. Seu dimensionamento deve ser realizado com base na área de filtração, o que normalmente é realizado previamente e informado pelos fornecedores no segundo caso.

É possível a confecção de um filtro autolimpante de baixo custo, com materiais disponíveis no mercado. Na internet encontram-se diversos vídeos explicativos sobre a construção desses filtros. Também existem vários filtros pré-fabricados comercializados no mercado brasileiro, como mostrado a seguir.

Figura 6 - Filtro autolimpante



Fonte: 3P Technik. Ilustração adaptada.

f) Água da Primeira chuva (Limpeza do telhado)

O descarte da primeira água de chuva é responsável por promover a limpeza da superfície de captação e desviar essa água de pior qualidade do reservatório de armazenamento.

O volume de água descartado depende do tamanho da área de captação, sendo normalmente adotado o descarte de 1 a 2 mm de chuva para cada metro quadrado. A ABNT NBR 15527:2007 recomenda adotar 2 mm por metro quadrado nos casos em que o projetista não disponha de informações que justifiquem a adoção de outro valor.

Figura 7 - Esquema para cálculo do volume de água a ser descartado



Fonte: Cartilha Conceitos e definições para aproveitamento de águas pluviais da Feam/MG (2015)

Assim, o volume descartado ($V_{\text{descartado}}$) corresponde ao volume útil dos reservatórios de descarte.

Várias técnicas são empregadas para o descarte desta água de lavagem do telhado. O tamanho da área de captação e, conseqüentemente, o volume descartado determinam a melhor técnica a ser empregada. Entre as técnicas empregadas destaca-se o tonel para descarte e o reservatório com boia.

•Tonel para descarte da água de limpeza do telhado

O procedimento mais simples para descartar o volume da primeira chuva é a utilização de reservatórios de descartes com limpeza automática.

Segundo Dacach (1990), o funcionamento do tonel no sistema de coleta de água de chuva ocorre da seguinte maneira: a água do telhado passa pela calha e desce pelo condutor vertical chegando até um tonel com capacidade de 50 litros. Dependendo da área de coleta, o tonel pode ser de maior volume, porém, deve ser provido de um pequeno orifício na parede inferior, com cerca de 0,5 cm de diâmetro.

No condutor vertical é conectado um ramal horizontal para alimentar o reservatório de água de chuva.

Segundo Dacach (1990), ao iniciar a chuva, a água desce até o tonel, onde sai parcialmente pelo orifício. Por ser relativamente pequena a vazão do orifício, a água coletada vai subindo no tonel e, posteriormente, no trecho inferior do condutor até a conexão com o ramal horizontal. À medida que a vazão do orifício vai crescendo, pelo aumento de carga, até atingir seu valor máximo, a água começa a escoar para o reservatório de água de chuva pelo ramal horizontal.

A descarga do orifício só desaparece minutos após a cessação da chuva, com o total esvaziamento do tonel. A quantidade de água que é descartada é maior que a capacidade do tonel. As chuvas de pequena intensidade não apresentam condições de aproveitamento, pois apenas atendem à vazão do orifício.

Figura 8 - Tonel de descarte para pequenas áreas de captação



Fonte: Cartilha Conceitos e definições para aproveitamento de águas pluviais da Feam/MG (2015)

- **Reservatório de limpeza do telhado com torneira-boia**

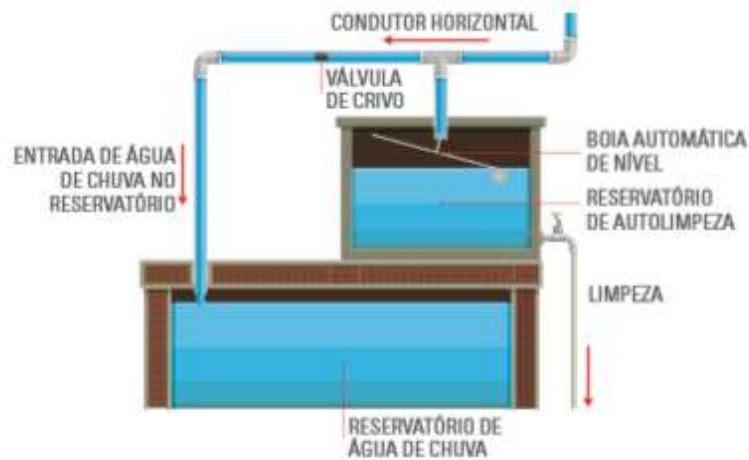
Para o descarte da água de limpeza do telhado, pode-se fazer uso de um reservatório de autolimpeza munido de uma boia de nível. O volume do reservatório de autolimpeza é calculado através da área de telhado e do volume de água necessário para fazer a limpeza do telhado.

Segundo Tomaz (1998), na Flórida, utilizam-se 40 litros para cada 100m² de telhado ou seja, o volume do reservatório de autolimpeza deverá ter capacidade de 0,4 l/m². Daca (1990), considera que o reservatório de autolimpeza deva ter de 0,8 a 1,5 l/m² de telhado.

O funcionamento do sistema ocorre da seguinte maneira: a água de chuva passa pela calha, em seguida pelo condutor vertical, chegando ao reservatório de autolimpeza situado sobre o reservatório de água de chuva. A entrada de água no reservatório de autolimpeza é provida de uma boia de nível.

Ao iniciar a chuva, o reservatório de autolimpeza que está vazio recebe a água de chuva e o nível d'água sobe até atingir a posição-limite, implicando no fechamento automático da torneira boia. Só, então, a água começa a escoar para o reservatório de água de chuva. Cessada a chuva, o registro de descarte da água do reservatório de autolimpeza deve ser aberto para esvaziá-lo e retornar às condições de funcionamento.

Figura 9 - Reservatório de descarte com torneira-boia



Fonte: DACACH, 1990. Ilustração adaptada.

g) Reservatório de armazenamento

I. Componentes do reservatório

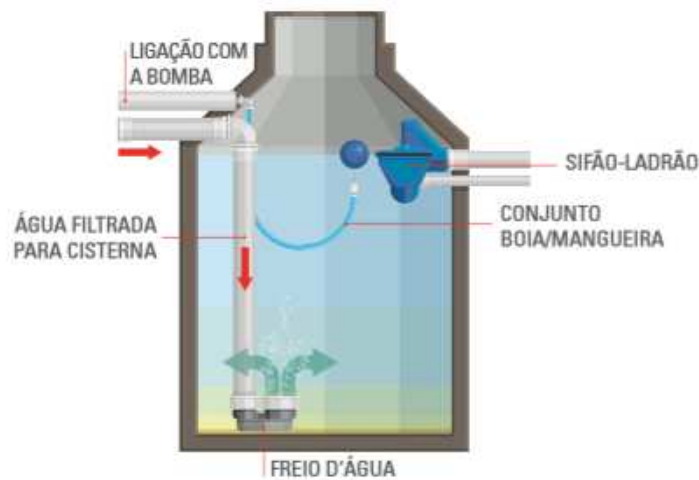
O reservatório deve dispor de alguns dispositivos que contribuam para aumentar a eficiência do armazenamento, preservem a qualidade da água e impeçam o acesso de animais e insetos ao seu interior. São eles:

Figura 10 - Componentes do reservatório



Fonte: SICOLINO e FURTADO, 2015. Quadro adaptado.

Figura 11 - Reservatório de armazenamento



Fonte: www.ecohabitatbrasil.com.br. Ilustração adaptada.

Além dos dispositivos citados anteriormente é importante que o reservatório possua um sistema de realimentação com água potável. Esse sistema permite o enchimento da cisterna com água potável durante os períodos de escassez de água de chuva.

Cuidados com o reservatório:

- Deve possuir uma abertura, também chamada de visita, para inspeção e limpeza;
- Deve ser limpo uma vez por ano, para a retirada do lodo depositado no fundo. O lodo retirado deve ser destinado adequadamente;
- Deve-se evitar a entrada de luz para impedir a proliferação de algas;
- A cobertura deve ser impermeável;
- A entrada da água e o extravasor devem ser protegidos por telas para evitar a entrada de insetos e pequenos animais no tanque;
- Deve ser estanque, não possuir vazamentos e suportar o peso da água quando cheio;

- Deve ser feito de material que não solte substâncias na água, alterando a qualidade desta.

II. Dimensionamento do reservatório

O reservatório de água é o item mais caro do sistema de aproveitamento, motivo pelo qual deve ser objeto de dimensionamento criterioso. Existem vários métodos de dimensionamento do reservatório de armazenamento, cabendo ao projetista/empreendedor avaliar o mais adequado para sua realidade. É importante ressaltar que os métodos recomendados pela ABNT NBR 15527:2007 têm volumes de cisterna muito diferentes, sendo o método de Rippl o mais conhecido e que resulta em maiores volumes.

Tabela 1 - Métodos de dimensionamento do reservatório

Método	Fórmula	Comentário
Método Prático Inglês	$V = 0,05 * P * A$	Método simples. Pode resultar no superdimensionamento do reservatório.
Método Prático Alemão	$V = \min(D;P) * 0,06(6\%)$	Método simples. Pode resultar em reservatórios subdimensionados.
Método Azevedo Neto	$V = 0,042 * P * A * T$	Método simples. Dificuldade para determinar mês com pouca chuva.
Método da Simulação	$S_{(t+1)} = S_{(t)} + AP_{(t)} - D_{(t)}$	Método mais elaborado. Consiste na realização de um balanço de massa.
Método de Rippl	$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)}$ $Q_{(t)} = C * P * A$ $V = \sum S_{(t)}$ somente para $S_{(t)} > 0$	Método mais elaborado. Volume do reservatório determinado por análise gráfica. Não leva em consideração a demanda por água de chuva.
Método Prático Australiano	$Q = A * C * (P-I)$ $V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$ Confiança = $1 - (N_t / N)$	Método mais trabalhoso. O volume do reservatório é determinado, por tentativa e erro, em função do nível de confiança do sistema.

Fonte: Anexo A da ABNT NBR 15527:2007.

O método de dimensionamento escolhido no presente estudo foi o Rippl por ser, de acordo com Campos et al. (2007) o mais frequentemente utilizado, inclusive por ter uma facilidade em sua aplicação.

Segundo Amorim e Pereira (2008, p. 55) esse método determina a quantidade do volume baseando-se na área de captação e na precipitação registrada, levando em consideração que, por vezes, ocorre da água precipitada nem sempre ser armazenada e “correlacionando tal volume ao consumo mensal da edificação, que pode ser constante ou variável”. Acrescentam, ainda, os autores que “o período de coleta dos dados da pluviometria local é importante para a precisão no dimensionamento, pois, quanto mais prolongado o período analisado, mais eficiente é o dimensionamento”.

Citando Tomaz (2011, p. 3) "geralmente se usa uma série histórica de precipitações mensais o mais longo possível para se aplicar o método de Rippl.”.

III. Dimensionamento do conjunto motor-bomba

O cálculo do conjunto motor-bomba é baseado nas recomendações da norma ABNT NBR 12214:1992, a qual dispõe sobre projetos de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Além disso, é também verificada a norma ABNT NBR 5626:1998, que instrui sobre instalações hidráulicas prediais. Para o dimensionamento da tubulação de recalque é utilizada a equação de Forchheimer, uma vez que o funcionamento do sistema de recalque não é considerado contínuo.

Para a tubulação de sucção é adotado o diâmetro comercial imediatamente superior ao diâmetro da tubulação de recalque. As perdas de carga e alturas de recalque e de sucção são estimadas pela fórmula de Fair-Whipple Hsiao.

h) Tratamento da água pluvial

O grau de tratamento da água pluvial coletada depende do seu uso futuro. Para alguns usos industriais, como lavagem de veículos, aspersão de vias e irrigação paisagística, em geral, não é necessário nenhum tratamento.

Tabela 2 - Qualidade de águas para diferentes aplicações

Uso requerido pela água	Tratamento necessário
Irrigação de jardins	Nenhum tratamento
Prevenção de incêndio, condicionamento de ar	Cuidados para manter o equipamento de estocagem e distribuição em condições de uso
Fontes e lagoas, descargas de banheiro, lavação de roupas e lavação de carros	Tratamento higiênico, devido ao possível contato do corpo humano com a água
Piscina/banho, consumo humano e preparo de alimentos	Desinfecção, para a água ser consumida direta ou indiretamente

Fonte: GROUP RAINDROPS, 2002

Entretanto, recomenda-se que no início da operação do sistema de aproveitamento de água pluvial o empreendedor faça uma caracterização físico-química e microbiológica da água coletada. E realize periodicamente uma inspeção visual do aspecto da água, a fim de detectar possíveis anormalidades, como aumento da turbidez e cor, presença de pequenas folhas – indicativos de que os sistemas de retenção de materiais grosseiros não estão funcionando adequadamente.

Algumas medidas de prevenção e que objetivam melhorar a qualidade da água captada podem ser adotadas ao longo de todo o sistema, como apresentado a seguir.

Tabela 3 - Técnicas de tratamento de águas pluviais em função da localização

Método	Localização	Resultado
Gradeamento		
Telas e grades	Calhas e tubos de quedas	Previne entrada de folhas e outros detritos no tanque
Sedimentação		
Sedimentação	No tanque	Sedimenta matéria particulada

Filtração		
Filtro autolimpante	Antes do tanque	Elimina material suspenso
Carvão ativado	Na torneira	Remove cloro e melhora o sabor
Filtro lento de areia	Tanque separado	Remoção de partículas
Desinfecção		
Fervura/destilação	Antes do uso	Elimina microrganismos
Tratamento químico (cloro)	No reservatório ou no bombeamento líquido, tablete/pastilha ou granulado	Elimina microrganismos
Luz Ultravioleta	Após carvão ativado e/ou filtro, antes da torneira	Elimina microrganismos
Ozonização	Antes da torneira	Elimina microrganismos

Fonte: Texas Guide to Rainwater Harvesting, 1997.

O Group Raindrops (2002) ressalva que, se a água de chuva não for utilizada para fins potáveis como beber, cozinhar e tomar banho, não é necessária a desinfecção. Este tipo de tratamento aumentaria os custos e exigiria do usuário uma permanente manutenção.

i) Manutenção do sistema

Algumas tarefas de manutenção periódica estão relacionadas a seguir:

- A água deve ser analisada periodicamente por laboratório químico no que se refere a parâmetros físicos, químicos ou microbiológicos. É importante verificar se a água captada é compatível em termos qualitativos com o uso previsto.
- Coberturas/telhados: limpar os telhados, eliminar ninhos de animais, retirar detritos que prejudiquem o escoamento da água, a cada 3 meses.
- Calhas e condutores: limpar a cada 3 meses, em especial no final da estação seca e no final da estação das chuvas. Onde houver muitas árvores, a limpeza deve ser feita com a frequência necessária para assegurar o escoamento adequado das águas.
- O filtro autolimpante deve ser limpo no mesmo período da manutenção do reservatório de descarte da primeira chuva. Normalmente, isso ocorrerá com frequência trimestral, salvo necessidade de aumentar a frequência pelo acúmulo excessivo de folhas e galhos.
- Reservatório de primeira chuva: deverá ser limpo com frequência trimestral, removendo-se todo o lodo e detritos nele depositado. A abertura da válvula de

fundo de maior diâmetro escoará todo o seu conteúdo em direção ao sistema de drenagem da edificação.

- Reservatório de armazenamento: deve ser limpo anualmente, por meio do esgotamento de todo o seu interior em direção ao sistema de drenagem. Caso seja verificada sensorialmente a degradação da qualidade da água antes do período de um ano, recomenda-se limpeza mais frequente. O período ideal para essa tarefa é o mais seco do ano. O sistema de captação flutuante deve limpo mensalmente, o que pode ser alterado caso seja observada a necessidade de maior frequência de manutenção. Caso ocorra a elevação do nível d'água no reservatório de armazenamento, acima do nível do sifão extravasor, a operação de limpeza deve ser repetida.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste trabalho, primeiramente foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre a distribuição de água no planeta, as regiões onde se tem naturalmente maior abundância e onde sempre há uma maior restrição deste recurso imprescindível à vida. A importância da água na vida humana, os benefícios da utilização de uma água de boa qualidade e os riscos para saúde em relação ao uso de água de baixa qualidade. Estudou-se também o ciclo hidrológico da água dentro do planeta para ter-se um entendimento do fenômeno que consiste na circulação de água no planeta devido às mudanças em seu estado físico.

Ainda na fase de revisão bibliográfica, pôde-se analisar as principais causas da escassez de água no mundo e principalmente no Brasil e suas consequências e impactos na vida da sociedade a médio e longo prazo. Estudou-se de forma mais aprofundada o aproveitamento de águas pluviais, destacando o aproveitamento de água ao longo da história e seu desenvolvimento no Brasil; as principais normas e leis que regem este tema no país; e o detalhamento de como realizar o dimensionamento de um projeto de aproveitamento de águas pluviais para uma residência unifamiliar.

Posteriormente foi realizado um projeto técnico para a instalação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em uma residência unifamiliar de 2 pavimentos, construída hipoteticamente na cidade de São Carlos no interior do estado de São Paulo. Tanto o projeto arquitetônico, como o projeto dos sistemas hidráulicos e sanitários foram desenvolvidos pelo autor utilizando o software Autodesk Revit 2018. Para o dimensionamento deste projeto foram utilizados dados pluviométricos da cidade de São Carlos retirados do site <http://www.sigrh.sp.gov.br>.

No projeto técnico constam as plantas do projeto arquitetônico, as plantas do projeto hidrossanitário, as tabelas de materiais e componentes bem como o caderno de especificações que descreve detalhadamente como foi o dimensionamento completo do projeto.

Após finalizado o projeto técnico foi realizado o estudo de viabilidade, que além de descrever o investimento necessário para a implementação do projeto

técnico, também fornece o parecer sobre a viabilidade econômica do mesmo, utilizando o conceito de payback e rentabilidade de investimentos.

4 RESULTADOS

O presente projeto de aproveitamento de águas pluviais foi desenvolvido para uma residência unifamiliar de 2 pavimentos a ser hipoteticamente construída na cidade de São Carlos/Sp. A área do terreno é de 360 m² e a residência possui área construída de 318 m² e área de cobertura projetada de 205 m².

A residência é projetada para abrigar 6 pessoas, sendo composta de:

a) Pavimento inferior

- Hall de entrada
- Sala de estar e sala de jantar
- Cozinha
- Área de Lazer com piscina e churrasqueira
- 1 lavabo
- 1 banheiro para a área de lazer
- Garagem coberta para 2 veículos

b) Pavimento superior

- 3 quartos, sendo 1 suíte
- 1 banheiro social

Nas Figuras 13, 14, 15 e 16 podem ser visualizados respectivamente a vista superior em perspectiva, a fachada em perspectiva, a planta do pavimento inferior humanizada e a planta do pavimento superior humanizada, todas do projeto arquitetônico da residência em questão.

A reserva de água potável desta residência é de 2.400L. Capacidade esta suficiente para 2 dias de consumo de uma população de 6 moradores, sendo considerado um consumo diário per capita de 200L/dia segundo o Anexo C da NTS 181:2017 da Sabesp (Tabela 4).

Tabela 4 - Consumo diário per capita de água

Imóvel	Consumo (L / dia)
Alojamentos provisórios	50 a 80 per capita ¹
Ambulatórios	20 a 25 por atendimento ¹
Apartamentos sem individualização	95 a 160 per capita ⁵
Apartamentos com individualização	75 a 125 per capita ⁶
Apartamento de luxo	165 a 280 per capita
Residências	70 a 120 per capita
Residências de luxo	120 a 210 per capita

Fonte: Anexo C da NTS 181:2017 da Sabesp

Figura 12 – Vista Superior da Residência em perspectiva



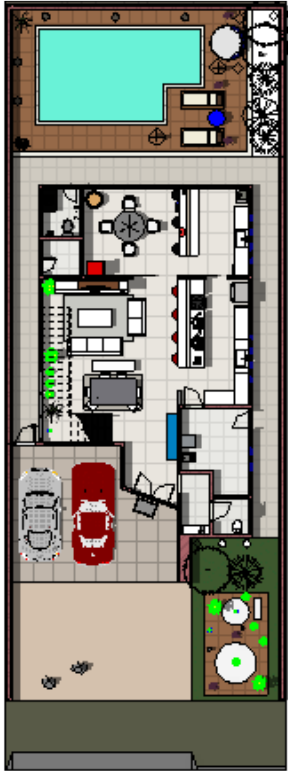
Fonte: Autor, 2019

Figura 13 - Fachada em perspectiva



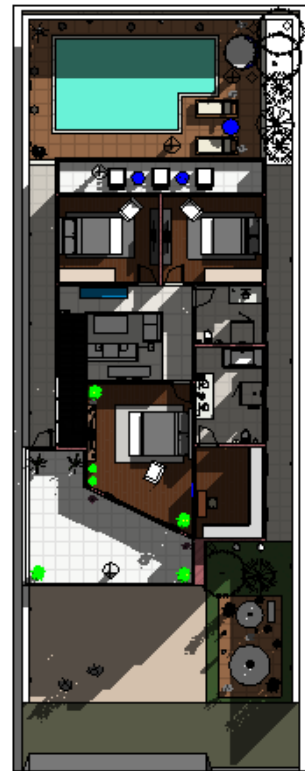
Fonte: Autor, 2019

Figura 14 – Planta pav. inferior humanizada



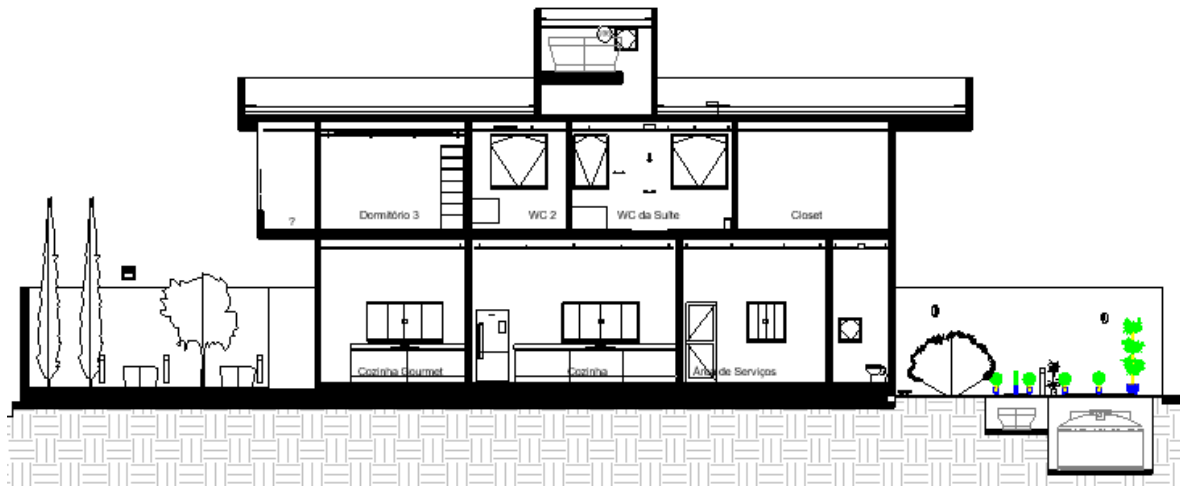
Fonte: Autor, 2019

Figura 15 - Planta pav. superior humanizada



Fonte: Autor, 2019

Figura 16 - Corte Longitudinal



Fonte: Autor, 2019

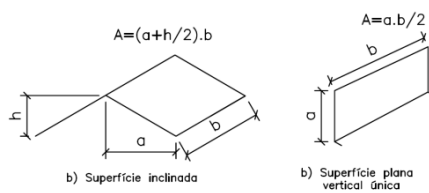
4.1 DIMENSIONAMENTO

Os resultados apresentados a seguir foram elaborados de acordo com as determinações das Normas Reguladoras – NBR 10844/1989, que dispõe sobre Instalações prediais de águas pluviais e NBR 5626/1998, que dispõe sobre Instalação predial de água fria.

4.1.1 DETERMINAÇÃO DA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

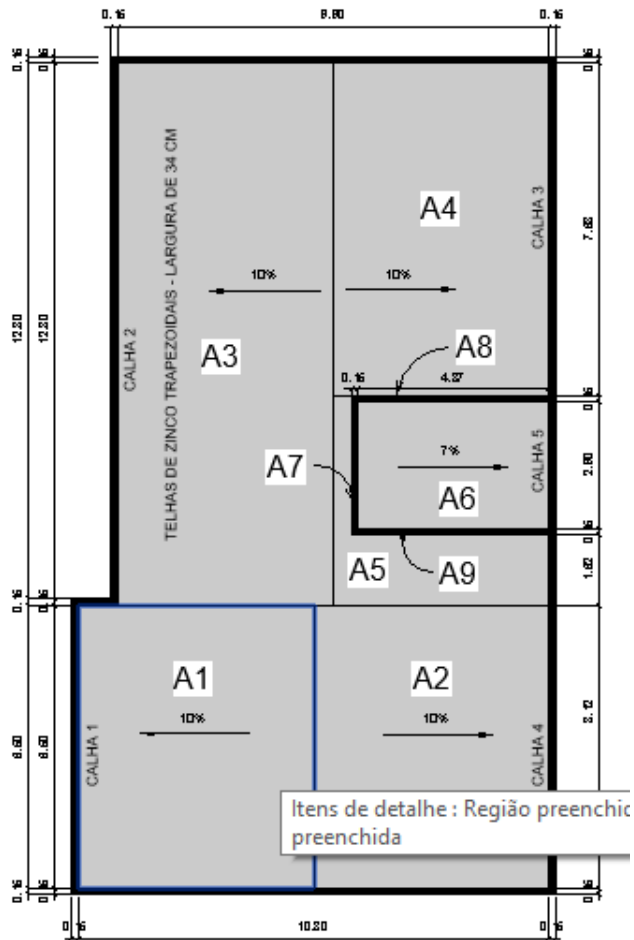
Aplicando-se as fórmulas apresentadas na Figura 17, foram calculadas as áreas de contribuição das superfícies inclinadas e planas verticais do telhado, conforme figura 19:

Figura 17 - Determinação da área de captação



Fonte: Adaptado de NBR 10.844:1989

Figura 18 - Planta da cobertura



Fonte: Autor, 2019

Os cálculos das áreas de contribuição divididas por segmento da cobertura estão descritas na tabela 5 e as áreas de contribuição totais que influenciam no dimensionamento de cada calha estão descritas na tabela 6.

Tabela 5 - Áreas de Contribuição

	Vão - a (m)	Altura - h (m)	Comprimento - b (m)	A.Contribuição (m ²)
A1	5,4	0,54	6,5	36,86
A2	5,4	0,54	6,5	36,86
A3	4,45	0,445	12,3	57,47
A4	4,45	0,445	7,63	35,65
A5a	4,45	0,445	1,62	7,57
A5b	0,43	0,043	3,2	1,44
A6	4,37	0,437	2,9	13,31
A7	3,2		2,8	4,48
A8	4,52		2,8	6,33
A9	4,52		2,8	6,33

Fonte: Autor, 2019

Tabela 6 - Área de contribuição por calha

	Influência	A. Contribuição (m ²)
Calha 1	A1	36,86
Calha 2	A3	57,47
Calha 3	A4+A8+A6	55,29
Calha 4	A2+A5+A7	50,35
Calha 5	A6	13,31

Fonte: Autor, 2019

4.1.2 DETERMINAÇÃO DA INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA

Para a cidade de São Carlos, pode-se utilizar a equação 1 (retirada de trabalho do Prof. Dr. Rodrigo de Melo Porto, professor da EESC-USP, São Carlos) para determinar a Intensidade Pluviométrica.

$$(1) I = \frac{33358,903 \cdot T^{-0,202}}{(t+43)^{1,458} \cdot T^{-0,07}}$$

- Período de Retorno: T = 25 anos (onde não sejam tolerados empoçamentos, p.e.: calhas de sheds, calhas no interior de uma edificação, etc)
- Duração da precipitação: t = 5 min.

Foi encontrado o valor de I = 192,35 mm/h para a intensidade pluviométrica.

4.1.3 CÁLCULO DAS VAZÕES DE PROJETO

A partir das recomendações da norma NBR 10.844:1989 – Instalação Predial de Águas Pluviais, as vazões de projeto são determinadas através da equação 2:

$$(2) Q = \frac{I \cdot A}{60}$$

Onde:

- Q = Vazão máxima (l/min);
- i = Índice de precipitação pluviométrica (mm/h);
- A = Área de contribuição (m²).

De acordo com a tabela 7, foram calculadas as vazões de projeto para o dimensionamento das calhas:

Tabela 7 - Vazão de Projeto das calhas

Calha	Vazão Projeto (l/min)
Calha 1	118,15
Calha 2	184,25
Calha 3	177,24
Calha 4	161,41
Calha 5	42,66

Fonte: Autor, 2019

4.1.4 DIMENSIONAMENTO DAS CALHAS

Para o dimensionamento das calhas foram consideradas as seguintes premissas:

- Utilização de calha de aço galvanizado com coeficiente de rugosidade (n) = 0,011, conforme tabela 8;
- Utilização de calha retangular;
- Declividade mínima da calha (i) = 0,005 m/m

Tabela 8 - Coeficiente de rugosidade

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

Fonte: NBR 10.844/89

Utilizando a equação 3, de Manning-Strickler, foram dimensionadas as calhas segundo as tabelas 9 e 10:

$$(3) \quad Q_c = K \cdot \frac{S}{n} \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

Onde:

- Q_c = vazão da calha (l/min);
- $K = 60.000$;
- S = área de seção molhada (m^2);
- n = coeficiente de rugosidade do material da calha;
- R_h = raio hidráulico (m);
- i = declividade da calha (m/m).

Tabela 9 - Calhas C1, C2, C3 e C4

Calha Retangular 15 cm x 10 cm	
Material	Aço Galvanizado
K	60000,000
n (aço galvanizado)	0,011
l Declividade (m/m)	0,005
Base (m)	0,150
Altura útil (m)	0,075
Altura Calha (m)	0,100
S- Área útil (m ²)	0,011
Perímetro (m)	0,300
Rh (m)	0,038
Q - Vazão Calha (L/min)	486,234

Fonte: Autor, 2019

Tabela 10 - Calha C5

Calha Retangular 10 cm x 10 cm	
Material	Aço Galvanizado
K	60000,000
n (aço galvanizado)	0,011
l Declividade (m/m)	0,005
Base (m)	0,100
Altura útil (m)	0,050
Altura Calha (m)	0,100
S- Área útil (m ²)	0,005
Perímetro (m)	0,200
Rh (m)	0,025
Q - Vazão Calha (L/min)	164,923

Fonte: Autor, 2019

Em relação as calhas C1, C2, C3 e C4, da cobertura do pavimento superior, por questões de instalação e segurança, decidiu-se por utilizar calhas de mesma geometria, considerando para o dimensionamento a calha com maior vazão de projeto. Neste caso, a calha C2 possui a maior vazão de projeto, $Q_p = 184,25$ L/min. Para atender esta demanda de vazão, foi definida a utilização de uma calha retangular de 15 cm (base) x 10 cm (altura), tendo uma altura útil ou molhada de 7,5 cm. A vazão da referida calha é de $Q_c = 486,23$ L/min, que é maior que a vazão de projeto $Q_p = 184,25$ L/min, atendendo as especificações de projeto.

Para a a calha C5, da cobertura do reservatório superior, que possui vazão de projeto $Q_p = 42,66$ L/min, optou-se pela escolha de uma calha de 10 cm (base) x 10 cm (altura), tendo uma altura útil ou molhada de 5 cm. A vazão da calha em questão é de $Q_c = 164,92$ L/min, que é maior que a vazão de projeto $Q_p = 42,66$ L/min, atendendo as especificações de projeto.

4.1.5 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES VERTICAIS

Para o dimensionamento dos condutores verticais, segundo a tabela 11, foi considerada a maior vazão de projeto, 184,25 L/min. De acordo com o ábaco da figura 20 para calhas com saída em aresta viva da NBR 10.844:1989, este valor de vazão conduz a um condutor inferior com diâmetro menor do que o diâmetro mínimo

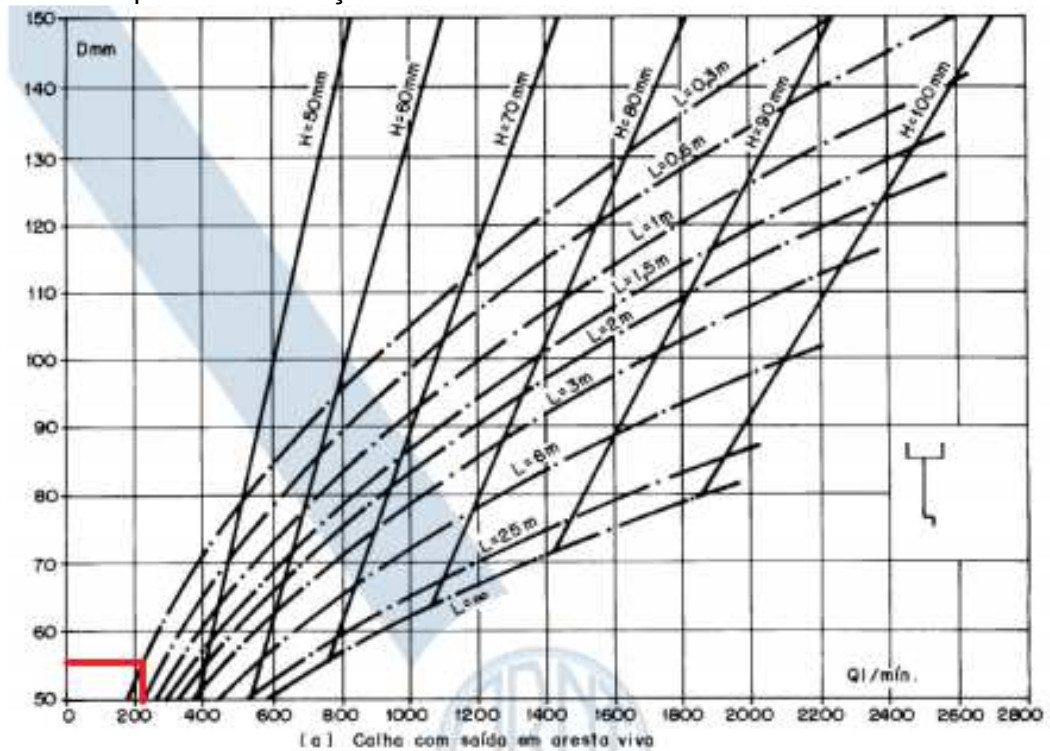
estabelecido pela norma que é de 70mm. Portanto, adotou-se o condutor comercial da AMANCO – Linha Águas Pluviais de diâmetro DN 100 mm, modelo 11580, conforme figura 21, para todos os condutores verticais da cobertura do pavimento superior e também para o condutor da cobertura do reservatório superior.

Tabela 11 - Dimensionamento Condutores verticais

Característica	Unidade	Valor
Material	PVC	
Vazão Max. Calhas	L/min	184,25
Altura Coletor - L	m	7
Diâmetro do Condutor	mm	100
Vazão Max. Condutor	L/min	226,80
Número de Coletores		5

Fonte: Autor, 2019

Figura 19 - Ábaco para determinação do diâmetro de condutores verticais



Fonte: ABNT, 1989

Figura 20 - Condutor Vertical Amanco

CONDUTOR

Código	Descrição do Produto	Unidade de Remessa	Peso unitário (g)	EAN unitário	EAN embalagem
11580	CONDUTOR CALHA PLUVIAL DN100X3M	5	2.800,0	7897795008280	7891960713948



DIÂMETRO	A	B	e
DN 100	3.000	101,6	1,8

* medidas aproximadas em milímetros (mm)

Fonte: Catálogo Amanco - Linha Águas Pluviais

4.1.6 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES HORIZONTAIS

Para o dimensionamento dos condutores horizontais, foi utilizada como referência a tabela 13 da NBR 10.844:1989. Os condutores utilizados são de PVC, seção circular e com uma inclinação de 2%. Segue abaixo a tabela 12, com os respectivos diâmetros de cada trecho dos condutores horizontais.

Tabela 12 - Dimensionamento dos condutores Horizontais

Trecho	Vazão Calc. (L/min)	Vazão Acum. (L/min)	Diâmetro (mm)
CV1-CP1	184,25	184,25	100
CP1-CP2	0	184,25	100
CP2-CV2	118,15	302,40	100
CV2-CP3	0	302,40	100
CV3-CP4	177,24	126,1	100
CP4-CP5	0	126,1	100
CP5-CV4	161,41	287,51	100
CV4-CP6	0	287,51	100

Fonte: Autor, 2019

Adotou-se condutores comerciais da AMANCO – Linha Águas Pluviais de diâmetro DN 100 mm, modelos 11580, conforme figura 21.

Tabela 13 - Capacidade de condutores Horizontais

	Diâmetro interno (D) (mm)	$\bar{n} = 0,011$				$\bar{n} = 0,012$				$\bar{n} = 0,013$			
		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
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: ABNT, 1989

4.1.7 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO INFERIOR

O presente projeto de aproveitamento de águas pluviais prevê a utilização de um reservatório inferior enterrado de polietileno de alta densidade (PEAD) que abastece especificamente um reservatório superior o qual atende as demandas de utilização detalhadas no item abaixo.

O método utilizado para o dimensionamento do reservatório inferior de águas pluviais foi o método de Rippl. Neste método, o volume de água que escoar pela superfície de captação é subtraído da demanda de água pluvial em um mesmo intervalo de tempo. A máxima diferença acumulada positiva é o volume do reservatório para 100% de confiança (SCHILLER; LATHAN, 1982). O mesmo garante uma vazão regularizada constante durante o período crítico de estiagem observado.

4.1.7.1 Demanda mensal de água

No presente projeto é prevista a utilização de água não potável proveniente do aproveitamento de águas pluviais para as situações abaixo:

- Descarga em vasos sanitários
- Limpeza das áreas externas

- Lavagem de carros
- Lavagem de roupas
- Irrigação de jardins

Na tabela 14 segue o cálculo da demanda mensal necessária para o abastecimento de água referente às utilizações acima. Foi encontrada uma demanda mensal de 8350L de água de aproveitamento. A base utilizada de consumo por habitante/dia foi retirada das notas de aulas do curso de Especialização em sistemas de aproveitamento de água pluvial da UFSCar, ministrado pelo prof. Simar Amorim em 2018.

Tabela 14 - Demanda mensal de água

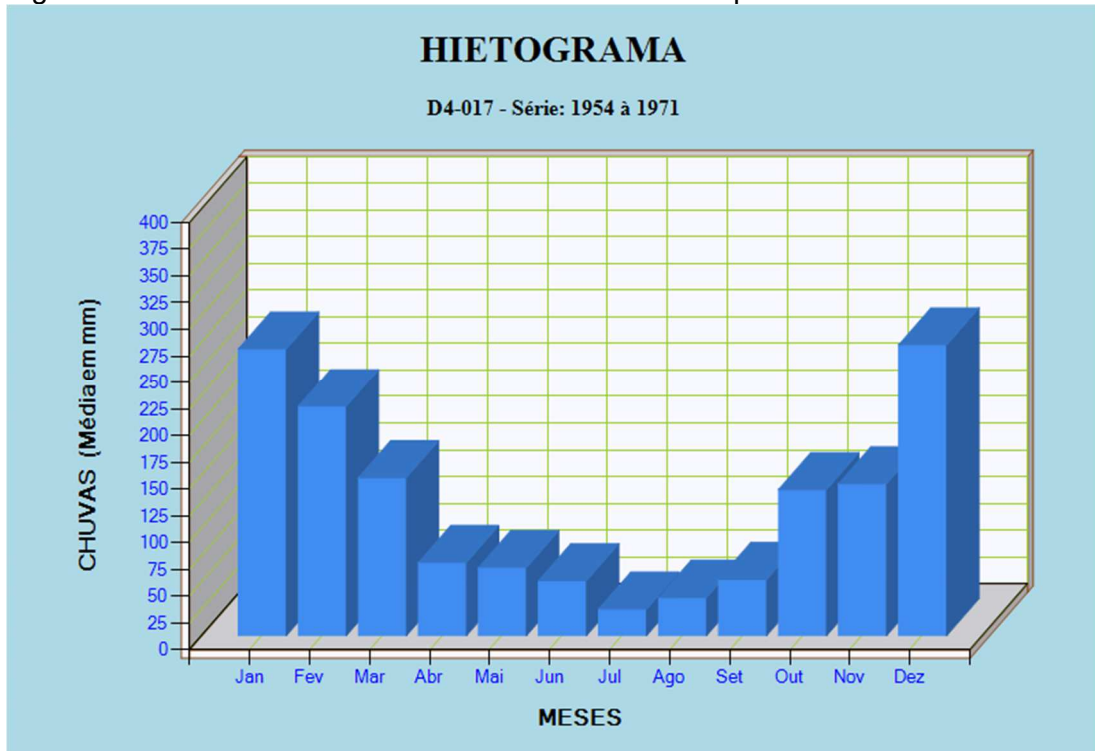
Atividade	Volume Mensal (L)	Critério
Vaso sanitário	5400	VDR 6L, 5 vezes ao dia / habitante (residência com 6 hab.)
Limpeza área externa	600	1L/m ² /semana (área externa de 150 m ²)
Lavagem de carro	400	100L/carro/quinzena (residência com 2 carros)
Lavagem de roupa	1440	8L/hab/dia (residência com 6 hab.)
Irrigação jardins	510	1L/m ² /dias alternados (jardim com 34 m ²)
TOTAL	8350	

Fonte: Autor, 2019

4.1.7.2 Chuvas mensais médias

Através do site <http://www.sigrh.sp.gov.br/>, foram obtidos os dados das chuvas mensais médias da cidade de São Carlos/Sp, de 1954 a 1971, encontrados na figura 22.

Figura 21 - Gráfico de chuvas mensais de São Carlos/Sp



Fonte: <http://www.sigrh.sp.gov.br/>

4.1.7.3 Coeficiente de Runoff (escoamento superficial)

No presente projeto está prevista a utilização de telhas metálicas de zinco trapezoidais de largura de 34 cm. Utilizando a tabela 15, pode-se determinar o valor do coeficiente de Runoff, $C = 0,85$, que será utilizado para o cálculo da vazão de projeto e dimensionamento das calhas.

Tabela 15 - Coeficiente de escoamento médios

Material	Coeficiente de runoff
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas esmaltadas	0,90 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,80 a 0,90
Cimento amianto	0,80 a 0,90
Plástico, PVC	0,90 a 0,95

Fonte: TOMAZ (2007)

4.1.7.4 Cálculo do volume do reservatório inferior

Para efetuar o cálculo do volume do reservatório inferior pelo Método de Rippl, foi utilizada a tabela 16. Abaixo seguem observações sobre cada coluna da tabela e sua utilização.

O volume do reservatório inferior foi calculado em 5.000L para garantir nas utilizações citadas acima o abastecimento da residência somente com água proveniente do aproveitamento, atendendo uma demanda mensal de 9070L.

- Coluna 1 – É o período de tempo que vai de janeiro a dezembro.
- Coluna 2 – Nesta coluna estão as chuvas médias mensais em milímetros.
- Coluna 3 – Demanda mensal que foi imposta de acordo com as necessidades. A demanda também pode ser denominada de consumo mensal e é fornecido em metros cúbicos. O volume total da demanda ou do consumo anual deve ser menor ou igual ao volume total de chuva da coluna 5.
- Coluna 4 - É a área de captação da água de chuva que é suposta constante durante o ano. A área de captação é fornecida em metros quadrados e é a projeção do telhado sobre o terreno.
- Coluna 5- Nesta coluna estão os volumes mensais disponíveis da água de chuva. É obtido multiplicando-se a coluna 2 pela coluna 4 e pelo coeficiente de runoff.
- Coluna 6 – Nesta coluna estão as diferenças entre os volumes da demanda e os volumes de chuva mensais. É na prática a coluna 3 menos a coluna 5. O sinal negativo 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.
- Coluna 7 – Nesta coluna estão as diferenças acumuladas da coluna 6 considerando somente os valores positivos. Para preencher esta coluna foi admitida a hipótese inicial de o reservatório estar cheio. Os valores negativos não foram computados, pois, correspondem a meses em que há excesso de água (volume disponível superando a demanda). Começa-se com a soma pelos valores positivos, prosseguindo até a diferença se anule, desprezando

todos os valores negativos seguintes, recomeçando a soma quando aparecer o primeiro valor positivo. O volume máximo obtido na coluna 7 é de 5,8m³. Sabe-se que historicamente que os resultados obtidos pelo método de Rippl tem um fator de segurança elevado, principalmente quando utiliza-se dados mensais para o dimensionamento, portanto, foi adotado um reservatório de 5m³ para regularizar a demanda de 8,35 m³ /mês.

- Coluna 8 - 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 e S= nível de água subindo. Supondo desde o início que o reservatório está cheio e, portanto, nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio da coluna 6 verifica-se que as diferenças são negativas e, portanto, tem-se que a água está escoando pelo extravasor. Quando os valores da coluna 6 são positivos o nível de água do reservatório está baixando e isto vai acontecer nos meses de junho, julho e agosto quando o abaixamento chega a 5,8m³. Em setembro a coluna 6 é negativa, por isso o volume começa a extravasar.

Tabela 16 - Dimensionamento do reservatório inferior pelo Método de Rippl

Meses	Chuva média mensal	Demanda Mensal	Área de Captação	Volume chuva mensal	Diferença entre vol. chuva e vol. demanda	Diferença acumulada	Obs
Coluna 1	mm	m ³	m ²	m ³	m ³	m ³	Coluna 8
Jan	250	8,35	206	44	-35,5		E
Fev	206	8,35	206	36	-27,7		E
Mar	183	8,35	206	32	-23,7		E
Abr	87	8,35	206	15	-6,8		E
Mai	72	8,35	206	13	-4,4		E
Jun	42	8,35	206	7	1,0	1,0	D
Jul	34	8,35	206	6	2,3	3,3	D
Ago	33	8,35	206	6	2,5	5,8	D
Set	79	8,35	206	14	-5,5	0,4	E
Out	135	8,35	206	24	-15,3		E
Nov	167	8,35	206	29	-21,0		E
Dez	249	8,35	206	44	-35,2		E
TOTAL		100,20		269			

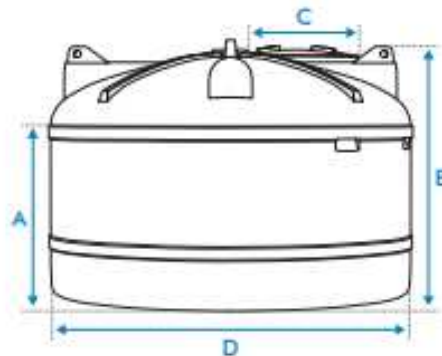
Fonte: Autor, 2019

Foi adotado a utilização da cisterna de capacidade de 5.000L do fabricante Fortlev para uso enterrado, conforme figura 23. Como o consumo diário estimado é de 278L, foi considerado um reservatório superior de aproveitamento de água de 1.000L para atender no mínimo 2 dias de demanda de água.

Figura 22 - Cisterna para águas pluviais Fortlev

Modelos e Dimensões

- A** Altura do corpo
- B** Altura total
- C** Diâmetro da tampa
- D** Diâmetro do produto



Dimensão em metros					
Capacidade (L)	Código	A	B	C	D
2.500	0.208.002.1	0,81	1,21	0,60	1,79
3.000	0.208.001.3	0,81	1,29	0,60	1,90
5.000	0.208.000.9	1,09	1,55	0,60	2,25

Fonte: Catálogo Fortlev, 2019

4.1.7.5 Dimensionamento do conjunto motor-bomba

A NBR 5626:1998 recomenda que a vazão de projeto para o abastecimento do reservatório seja determinada através da razão entre a capacidade do reservatório (1000 litros) e o tempo de enchimento do mesmo. No caso de residência unifamiliar, o tempo de enchimento não pode ser maior que 1 hora. Portanto, para o dimensionamento do conjunto motor-bomba foi utilizada uma vazão de projeto de 0,280L/s. Aplicando os dados acima, na equação 6, foi dimensionada a tubulação de recalque, cujo diâmetro obtido foi de 10 mm, como este diâmetro não é comercial, adotou-se o diâmetro mínimo comercial para o conjunto motor-bomba, o qual é 3/4" (20 mm). Sendo assim, o diâmetro para a tubulação de sucção será de 1" (25 mm).

$$(4) \quad Dr = 1,3 \cdot \sqrt{Q} \cdot \sqrt[4]{\frac{H}{24}}$$

Onde:

- Dr é o diâmetro da tubulação de recalque (m);
- Q é vazão de recalque (m³/s);
- H é número de horas de funcionamento do motor-bomba (horas/dia).

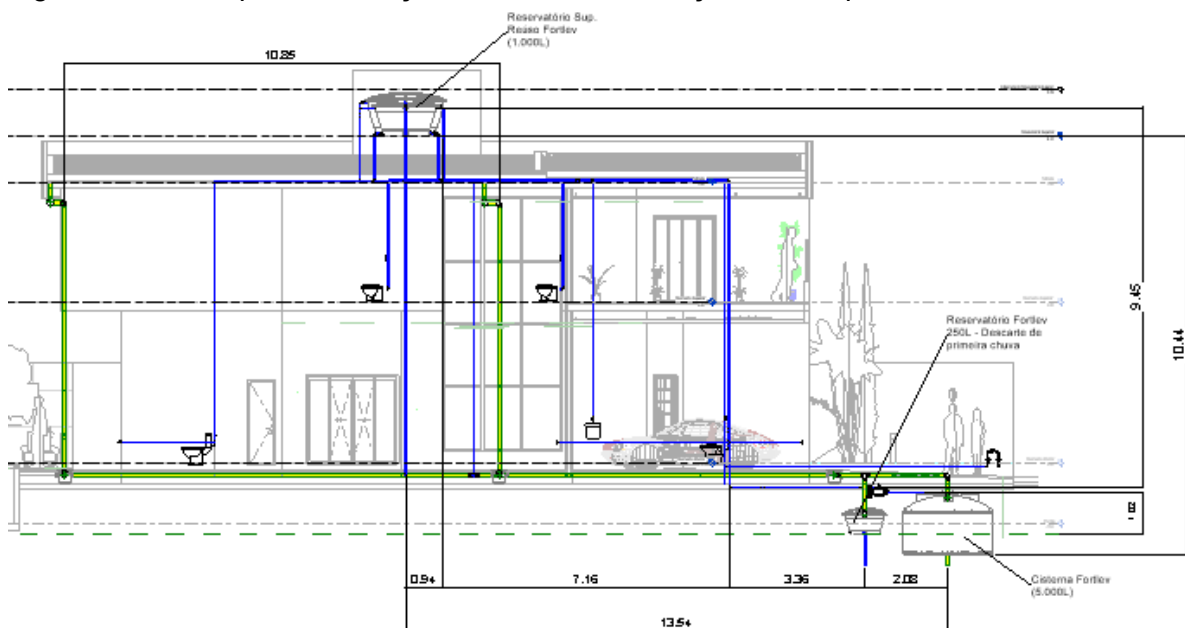
Tabela 17 - Cálculo dos diâmetros de recalque e sucção

Características	Unidade	Valor (m)
Diâmetro Recalque	m	0,010
Vazão de Recalque	m ³ /s	0,00028
H (horas funcionamento)	H/dia	1
Diam. Comercial Rec.	m	0,020
Diam. Comercial Suc.	m	0,025

Fonte: Autor, 2019

Para a continuidade das especificações, se faz necessário conhecer a altura manométrica a qual o sistema estará sujeito. Para o cálculo dessa altura, é preciso conhecer altura geométrica, a qual corresponde ao desnível dos reservatórios inferior e superior, a altura de recalque e a altura de sucção. Na figura 24, pode-se determinar estas variáveis.

Figura 23 - Corte para verificação das alturas de sucção e recalque



Fonte: Autor, 2019

A altura geométrica, tendo em vista a localização dos reservatórios, é de 10,44 m. As perdas de carga de recalque e sucção foram calculadas usando a equação 5. Em seguida, estes valores foram usados nas equações 6 e 7 para determinar a altura de recalque e sucção respectivamente. Os resultados obtidos estão descritos nas tabelas 18, 19 e 20.

$$(5) \quad J = 869000 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

Onde:

- J é a perda de carga da tubulação em m/m;
- D é o diâmetro da tubulação em milímetro;
- Q é a vazão submetida em L/s;

$$(6) \quad hr = (L_{real} + Leq) \cdot J_{recalque}$$

$$(7) \quad hs = ((L_{real} + Leq) \cdot J_{sucção}) + hsucção$$

Onde:

- hr é a altura de recalque em metro;
- hs é a altura de sucção em metro;
- Lreal é o comprimento real da tubulação de recalque/sucção em metro;
- Leq é o comprimento equivalente (referente a perda de carga localizada das peças utilizadas) da tubulação de recalque/sucção em metro;
- J é a perda de carga de recalque/sucção calculada na equação 5;
- hsuc é a altura representativa da velocidade na sucção em metro.

Contudo, é possível calcular a altura manométrica do sistema utilizando a equação 8.

$$(8) \quad h_{man} = Hg + hr + hs$$

Onde:

- hman é a altura manométrica em metro;
- Hg é a altura geométrica em metro;
- hr é a altura de recalque em metro;
- hs é a altura de sucção em metro.

Tabela 18 - Cálculo das perdas de carga de recalque e sucção

Características	Nomenclatura	Unidade	Valor
Dr	Diâmetro recalque	mm	20
Qr	Vazão de recalque	L/s	0,278
Jr	Perda carga recalque	m/m	0,061
Ds	Diâmetro sucção	mm	25
Qs	Vazão de sucção	L/s	0,278
Js	Perda carga sucção	m/m	0,021

Fonte: Autor, 2019

Tabela 19 - Cálculo dos comprimentos equivalentes

Comprimento Equivalente							
Recalque				Sucção			
Peça	L(m)	Quantidade	Leq (m)	Peça	L(m)	Quantidade	Leq (m)
Joelho 90°	1,1	6	6,6	Joelho 90°	1,2	2	2,4
Registro de Gaveta	0,1	1	0,1	Registro de Gaveta	0,2	1	0,2
Válvula de retenção Leve	2,5	1	3,5	Válvula pé com crivo	12,1	1	12,1
TOTAL			10,2	TOTAL			14,7

Fonte: Autor, 2019

Tabela 20 - Cálculo da altura manométrica

Características	Nomenclatura	Unidade	Valor
hr	Altura recalque	m	1,99
hs	Altura sucção	m	1,37
Lreal rec	Comp. Real Rec	m	22,39
Lreal suc	Comp. Real Suc	m	2,03
Leq rec	Comp. Eq. Rec		10,2
Leq suc	Comp. Eq. Suc		14,7
Jrecalque	Perda carga recalque	m	0,061
Jsucção	Perda carga sucção	m	0,021
Hg	Altura geométrica	m	10,44
hman	Altura manométrica	m	13,80

Fonte: Autor, 2019

Com os valores da vazão de projeto (0,278 L/s) e também da altura manométrica (13,80 m) foi feita uma verificação em catálogos dos fabricantes de moto-bomba e adotou-se a moto-bomba centrífuga monoestágio de potência de 1/4 cv da Schneider, modelo BCR 2000-V que gera uma vazão de 1,1 L/s e um pressão manométrica de 14 m.c.a, atendendo aos requisitos de projeto.

Figura 24 - Catálogo de moto-bombas centrífugas Schneider

Bombas Centrífugas Monoestágio
Rotor fechado

Aplicações Gerais:
Residências, fontes e cascatas, chácaras.

MODELO	Potência (CV)	Maneio	Tubo	Ø Saída (pol)	Ø Entrada (pol)	Pressão máxima (kgf/cm²)	Altura máxima (m c.a.)	Ø Motor (mm)	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS																				
									ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL (m c.a.)																				
									2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
BCR-2000	1/4	x		3/4	3/4	18	8	106	2,9	2,8	2,6	2,5	2,4	2,3	2,1	2,0	1,8	1,7	1,5	1,3	1,1	0,9	0,5						
	1/3	x		3/4	3/4	21	8	113	*	*	*	*	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,8	1,7	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,5			

MODELO	Potência (CV)	Maneio	Tubo	Ø Saída (pol)	Ø Entrada (pol)	Pressão máxima (kgf/cm²)	Altura máxima (m c.a.)	Ø Motor (mm)	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS																				
									ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL (m c.a.)																				
									2	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	23		
BCR-2000 V	1/4	x		1	3/4	15	8	95	7,1	6,3	5,9	5,5	5,0	4,6	3,6	3,0	2,4	1,8											
	1/3	x		1	3/4	18	8	105	*	6,6	6,3	6,0	5,6	5,3	4,9	4,3	3,7	3,3	2,8	2,3	1,7	1,1							
	1/2	x		1	3/4	21	8	115	*	*	6,8	6,5	6,2	5,8	5,2	4,9	4,5	4,1	3,8	3,4	2,9	2,5	2,0	1,6	1,0				
3/4	x		1	3/4	24	8	120	*	*	*	*	*	*	*	*	6,8	6,4	6,0	5,5	5,1	4,6	4,1	3,6	3,0	2,4	1,2			

MODELO	Potência (CV)	Maneio	Tubo	Ø Saída (pol)	Ø Entrada (pol)	Pressão máxima (kgf/cm²)	Altura máxima (m c.a.)	Ø Motor (mm)	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS																				
									ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL (m c.a.)																				
									13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
BCR-2008	1	x		1	1	31	8	128	6,5	6,3	6,1	5,9	5,7	5,4	5,2	5,0	4,7	4,5	4,2	3,9	3,8	3,3	2,9	2,5	2,1	1,6			

Motor de linha: IP-65 com capa de proteção, termistor e capacitor permanente, 2 Pólos, 60 Hz
 Para bombamento de água acima de 40°C, utilize rotor de bronze e junta de proteção. Temperatura máxima de operação: 60°C.
 Equipamento desenvolvido para uso exclusivamente residencial.
 Rotor de linha: alumínio.

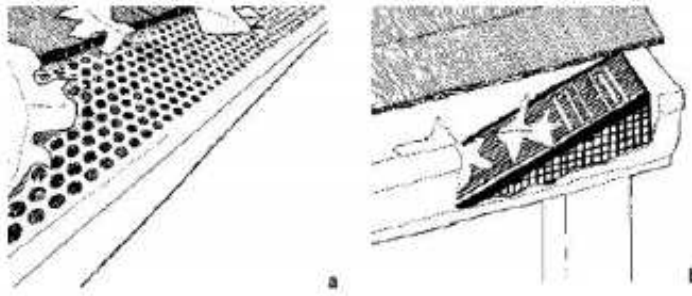
Fonte: <https://lcsimei.files.wordpress.com/2012/08/catc3a1logo-bombas-schneider.pdf>

4.1.7.6 Dimensionamento do sistema de pré-tratamento

- Dispositivos de gradeamento

Na saída das calhas para os condutores verticais foi prevista a instalação de grades para a remoção de materiais grosseiros. São materiais simples e de baixo custo que reduz a oferta de sujidade para o filtro de pré-tratamento e reduz o potencial de entupimento dos condutores verticais e horizontais.

Figura 25 - Dispositivo de gradeamento



Fonte: BASTOS, 2007

- Filtro de pré-tratamento de água da chuva

Foi adotado a utilização do filtro de pré-tratamento autolimpante modelo residencial VF-1 da empresa 3P Technik a ser instalado enterrado, anteriormente à cisterna para a remoção de folhas e partículas sólidas. O seu sistema duplo de limpeza (peneira grossa, depois fina) garante grande eficácia, independente da vazão. Em função da forte inclinação do miolo filtrante a sujeira separada é continuamente encaminhada para a galeria pluvial. Para manutenção o miolo filtrante pode ser retirado do filtro sem ferramentas especiais. A tela de aço inox não necessita de reposição. Limpa-se com ajuda de uma escova e água com sabão.

Figura 26 - Filtro de pré-tratamento de águas pluviais VF-1



Conexão Entrada: 2 x DN 100
 Conexão p/ cisterna: DN 100
 Saída para a galeria: DN 150
 Trama da tela: 0,250 x 0,600mm
 Dimensões: 404 x 451 mm
 Peso: 6,2 kg

Fonte: Catálogo 3P Technik, 2019

- Descarte da água de primeira chuva

Para descartar o volume de água referente a primeira chuva, foi adotado um reservatório com torneira bóia FortLev com capacidade de armazenamento de 250L, pois a da Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva – ABCMAC. (ABCMAC apud RODRIGUES, 2007) recomenda o descarte de 1 a 2 litros por m² de telhado, ou seja, 1 a 2 mm da primeira precipitação. Neste caso, foi adotado descarte de 1 litro de água por m² da cobertura em projeção, o que resulta em um volume de 205 litros (1 x 205 m²). Instala-se este reservatório enterrado anteriormente à cisterna, e o descarte desta água vai para as galerias de águas pluviais através de um lento gotejamento em um dos postos de saída do mesmo.

- Filtro anterior ao reservatório superior

Foi previsto a instalação de um filtro de 25 micras na tubulação de água fria entre a motobomba e o reservatório superior de aproveitamento para reter partículas de sujeira, como areia e barro, e garantir água mais limpa para utilização. Os objetivos da instalação deste filtro são a redução da quantidade de partículas depositadas no fundo do reservatório, facilitando a sua limpeza; e o aumento da vida útil dos aparelhos hidráulicos, uma vez que ele impede que as partículas de sujeira entrem e gerem desgaste nesses equipamentos. Foi adotado o filtro de polipropileno Fortlev Classe D com vazão de 1.200 litros/hora e o grau de filtração de até 15 micras, sendo capaz de filtrar partículas minúsculas de uma grande quantidade de água passando pela tubulação, a exemplo de um grão de areia, que possui 200 micras. O item também possui certificação que atende a portaria 344 do Inmetro/2014 e as especificações da NBR 16908:2012, que regulamentam as normas dos aparelhos para melhoria da qualidade da água para consumo humano. O elemento filtrante produzido em polipropileno é atóxico e deve ser trocado a cada seis meses ou quando houver redução do fluxo de água – o que acontece com a saturação, devido à retenção de partículas.

Figura 27 - Filtro de polipropileno Fortlev

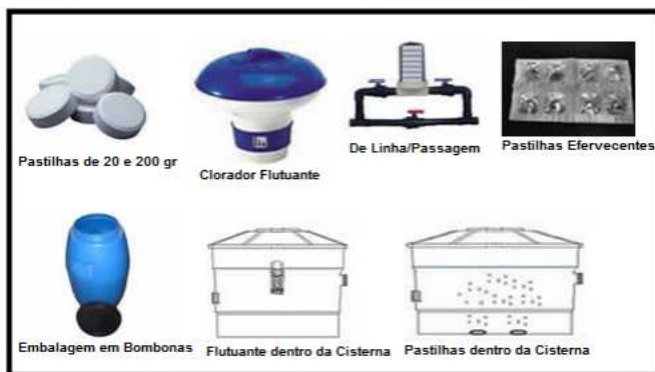


Fonte: Catálogo Fortlev, 2019

4.1.7.7 Tratamento

Para desinfecção da água da cisterna, foi prevista a utilização de um processo simples de cloração, por se tratar de produto facilmente encontrado nas cidades e de baixo custo, atendendo as necessidade do projeto. O tratamento adotado é o mesmo realizado nas piscinas residenciais. Segundo os fabricantes do produto (Cloro granulado), deve-se utilizar 4 gramas de Cloro para cada 1000 litros de água. A aplicação do cloro, neste caso, é realizada através de um flutuador, conforme um dos itens da figura 28, o qual deve ser deixado dentro do reservatório com uma pastilha denominada pastilha de baixa solubilidade. Deverão ser feitas inspeções semanais para verificar necessidade de reposição das pastilhas.

Figura 28 - Métodos de aplicação de cloro



Fonte: SNATURAL, 2019

4.1.7.8 Manutenção do sistema

Para garantir o correto funcionamento do sistema é de extrema importância a execução de um plano de manutenção adequado. A NBR 15.527:2007 traz recomendações para os prazos de manutenção para cada componente do sistema, conforme mostra a tabela 21. A frequência recomendada de manutenção para as calhas é de duas vezes por ano. Vale ressaltar que é importante observar a recomendação dos fabricantes quanto à frequência de limpeza dos componentes do sistema.

Tabela 21 - Frequência de manutenção

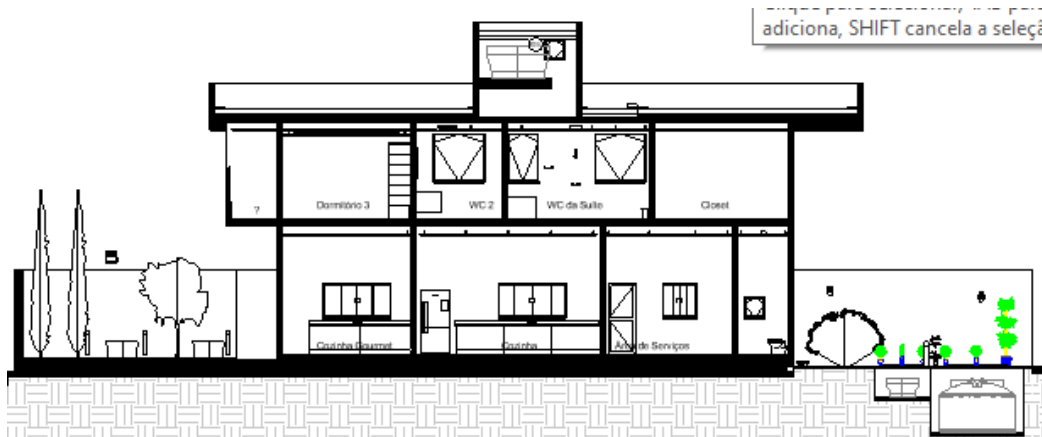
Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal
	Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais.	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção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

Fonte: NBR 15.527, 2007

4.2 PROJETO HIDROSSANITÁRIO

Foi definido a utilização de um reservatório enterrado para o armazenamento das águas pluviais para aproveitamento. Definiu-se a área do jardim frontal da residência para a instalação da cisterna por se tratar de área de pouca circulação, facilitando a instalação e manutenção dos componentes. Foi necessário realizar escavação e construção de uma laje estrutural inferior com espessura de 10cm e profundidade em relação ao solo do jardim de 1,95m para a cisterna e 0,90m para o reservatório de descarte de água de primeira chuva. Acima dos reservatórios foi construído um contrapiso de 5cm de espessura e instaladas tampas circulares de alumínio de 90cm e 60 cm de diâmetro para garantir o acesso à manutenção dos reservatórios, e uma tampa retangular também em alumínio para acesso a manutenção da motobomba e filtros de acordo com a frequência definida no plano de manutenção preventiva. Os vazios abaixo do nível das nervuras superiores dos reservatórios foram aterrados com mistura de massa de cimento e terra peneirada em traço 1:10 (1 porção de cimento e 10 porções de terra).

Figura 29 - Corte longitudinal jardim frontal (projeto arquitetônico)



Fonte: Autor, 2019

Figura 30 -Detalhe do corte da cisterna renderizado (projeto arquitetônico)

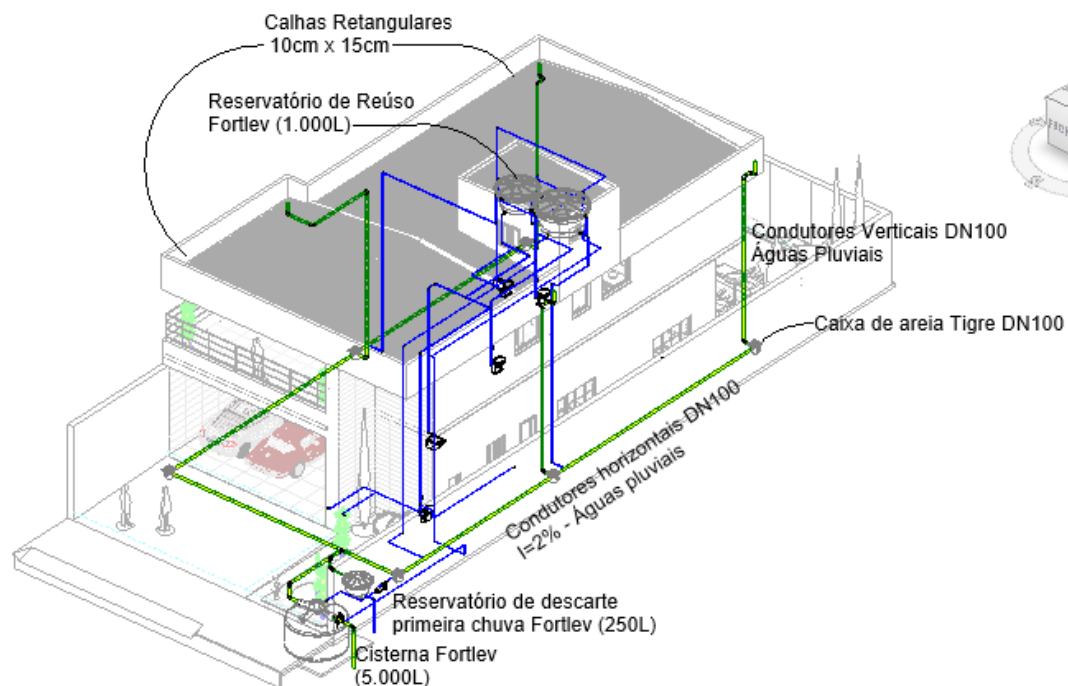


Fonte: Autor, 2019

Abaixo seguem as principais vistas do projeto hidrossanitário referente ao dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais ilustrado nos capítulos anteriores.

- Na figura 30 encontra-se a vista Isométrica geral do projeto, onde é possível identificar os principais componentes como: cisterna, reservatório de descarte de primeira chuva, reservatório superior de armazenamento da água de aproveitamento, calhas, condutores horizontais e verticais, percurso de sucção, percurso de recalque, além de todos os pontos de utilização da água de aproveitamento como vasos sanitários, torneiras de jardim e máquina de lavar roupas.

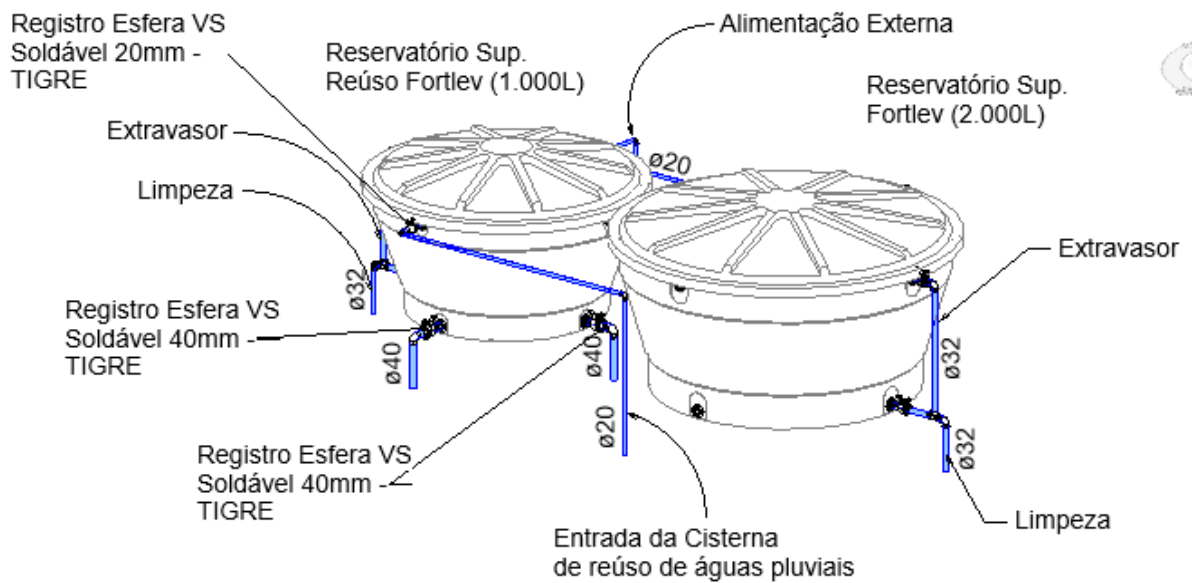
Figura 31 - Isométrica Geral



Fonte: Autor, 2019

- Na figura 31 encontra-se a vista Isométrica do detalhamento dos reservatórios superiores, onde pode-se identificar de maneira detalhada os pontos de entrada, saída, extravasamento e limpeza do reservatório superior de aproveitamento, além do diâmetro das tubulações de água fria e os tipos de registros utilizados.

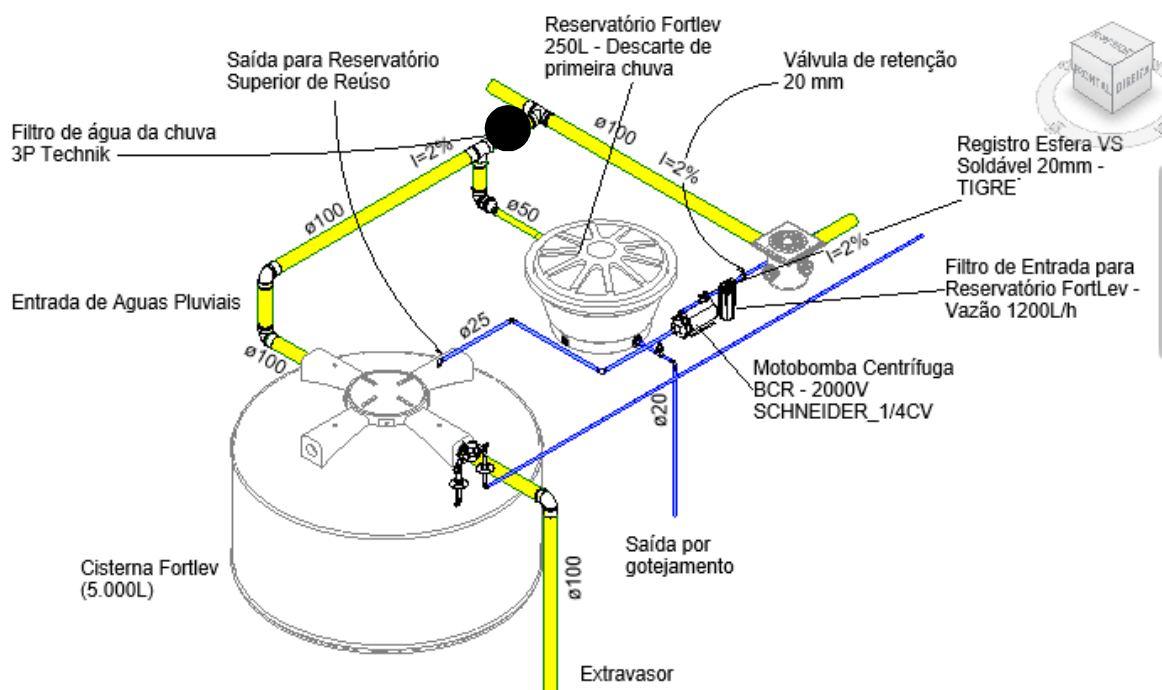
Figura 32 - Isométrica do detalhamento dos reservatórios superiores



Fonte: Autor, 2019

- Na figura 32 encontra-se a vista Isométrica do detalhamento dos reservatórios enterrados, onde pode-se identificar de maneira detalhada os pontos de entrada, saída, extravasamento e limpeza da cisterna de armazenamento de águas pluviais e do reservatório de descarte das águas de primeira chuva, o diâmetro e inclinação das tubulações de águas pluviais e água fria, a motobomba centrífuga, registros e válvulas de retenção, além do filtro de entrada do reservatório superior.

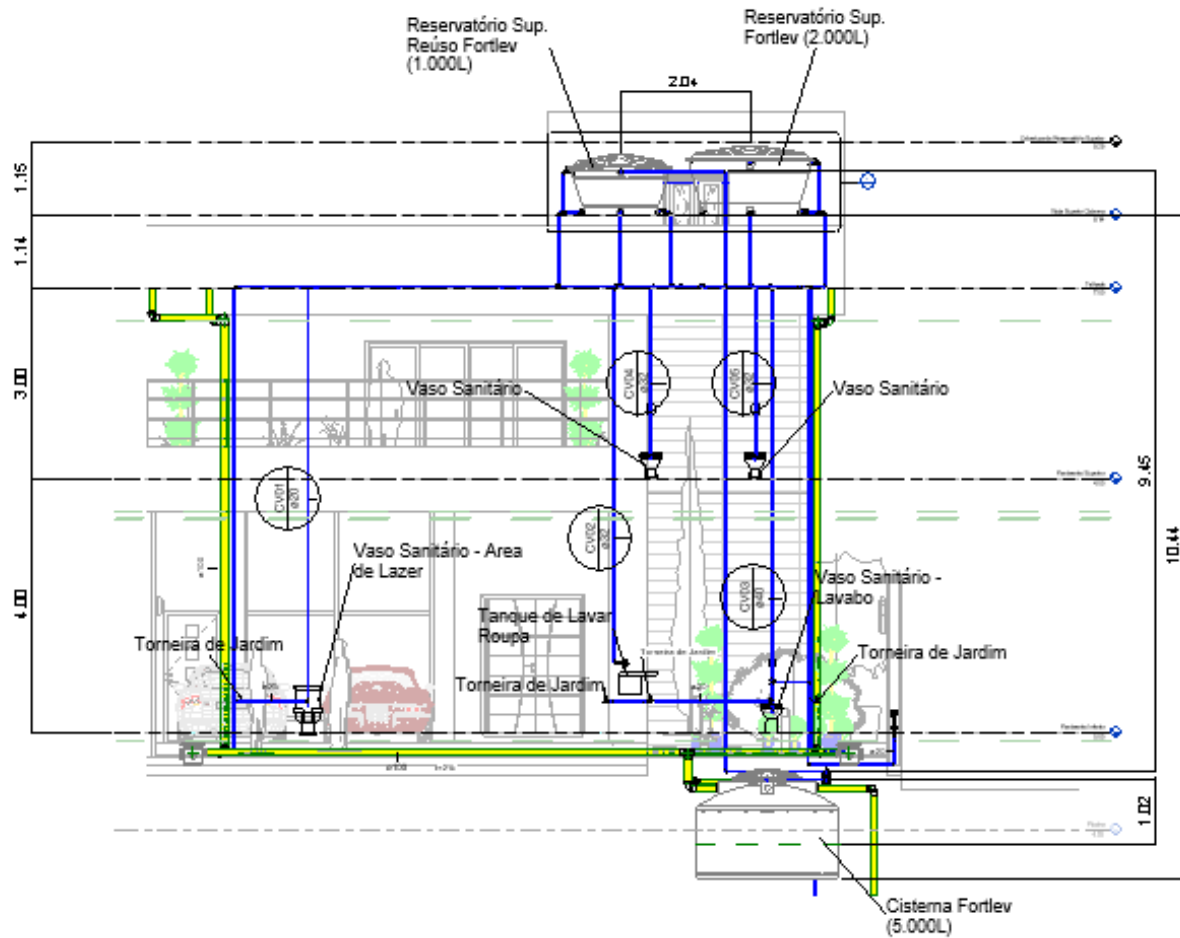
Figura 33 - Isométrica do detalhamento dos reservatórios enterrados



Fonte: Autor, 2019

- Na figura 33 encontra-se a vista em corte transversal geral, onde pode-se identificar os principais componentes do projeto hidrossanitário, suas localizações e principalmente as alturas geométricas, de sucção e de recalque.

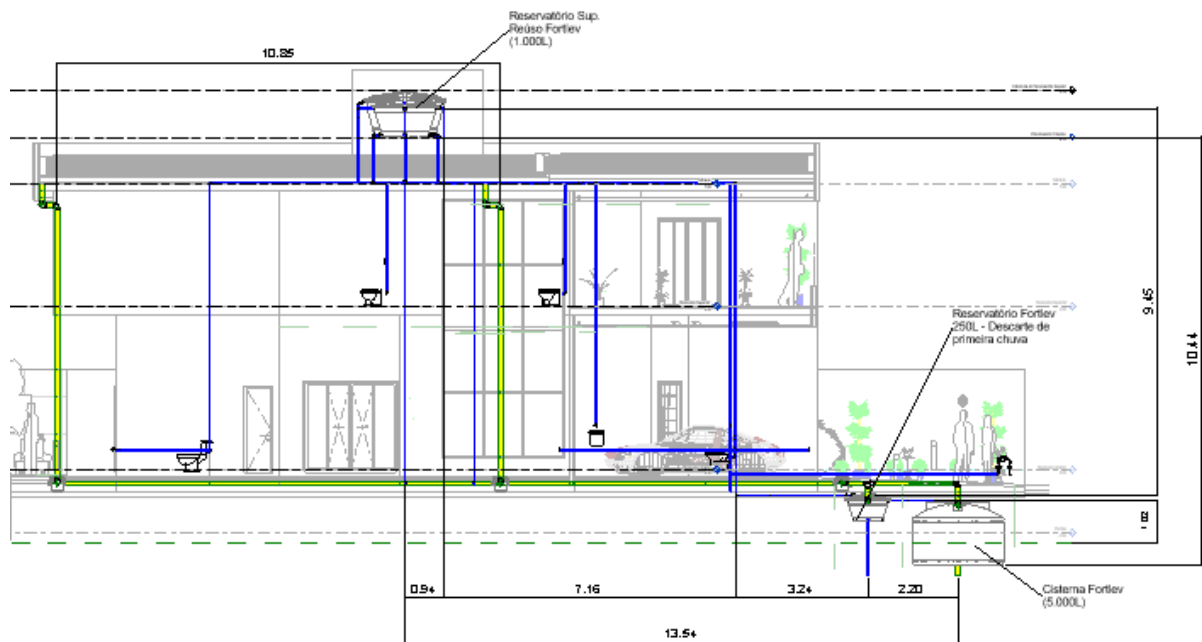
Figura 34 - Corte Transversal Geral



Fonte: Autor, 2019

- Na figura 34 encontra-se a vista em corte longitudinal geral, onde pode-se identificar os principais componentes do projeto hidrossanitário, suas localizações e principalmente as distâncias horizontais entre si.

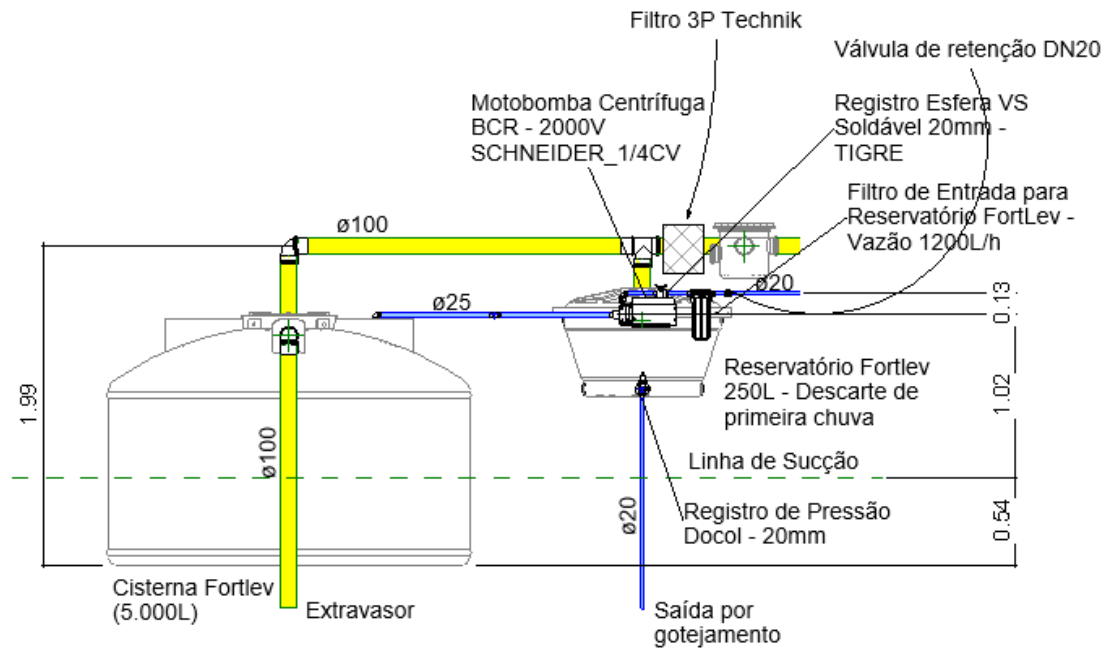
Figura 35 - Corte longitudinal geral



Fonte: Autor, 2019

- Na figura 35 encontra-se a vista em corte do detalhamento dos reservatórios enterrados, onde pode-se identificar os principais componentes, suas dimensões, distâncias e alturas.

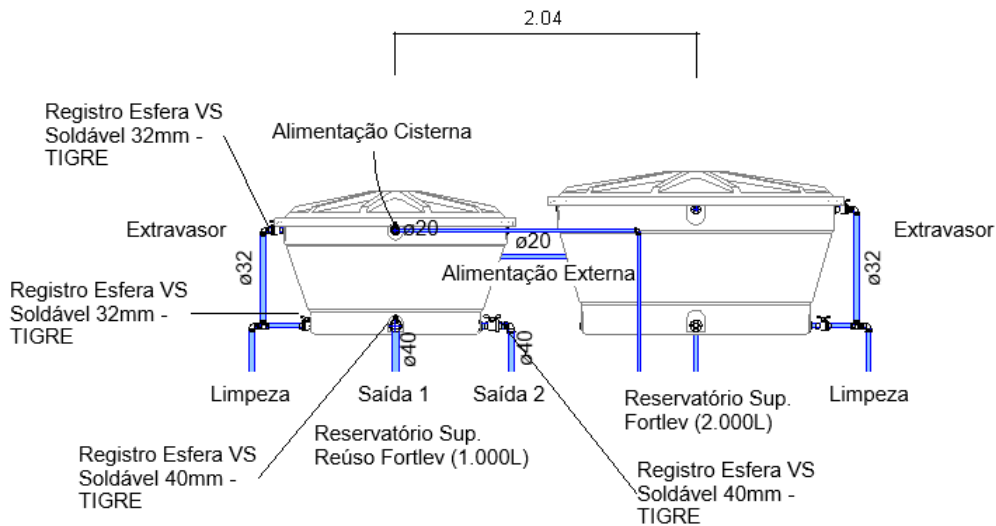
Figura 36 - Corte do detalhamento dos reservatórios enterrados



Fonte: Autor, 2019

- Na figura 36 encontra-se a vista em corte do detalhamento dos reservatórios superiores, onde pode-se identificar os principais componentes, suas dimensões, distâncias e alturas.

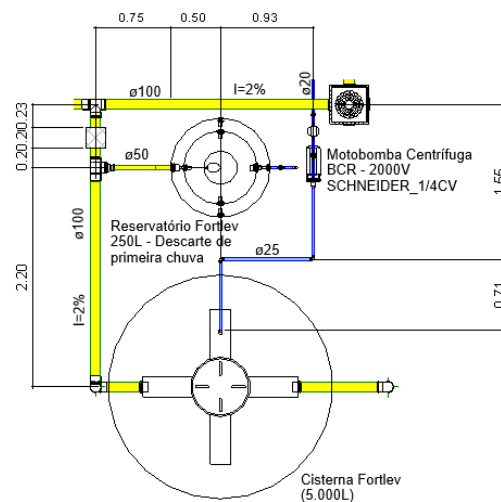
Figura 37 - Corte do detalhamento dos reservatórios superiores



Fonte: Autor, 2019

- Na figura 37 encontra-se a vista superior do detalhamento da cisterna, onde pode-se identificar os principais componentes, suas dimensões, distâncias.

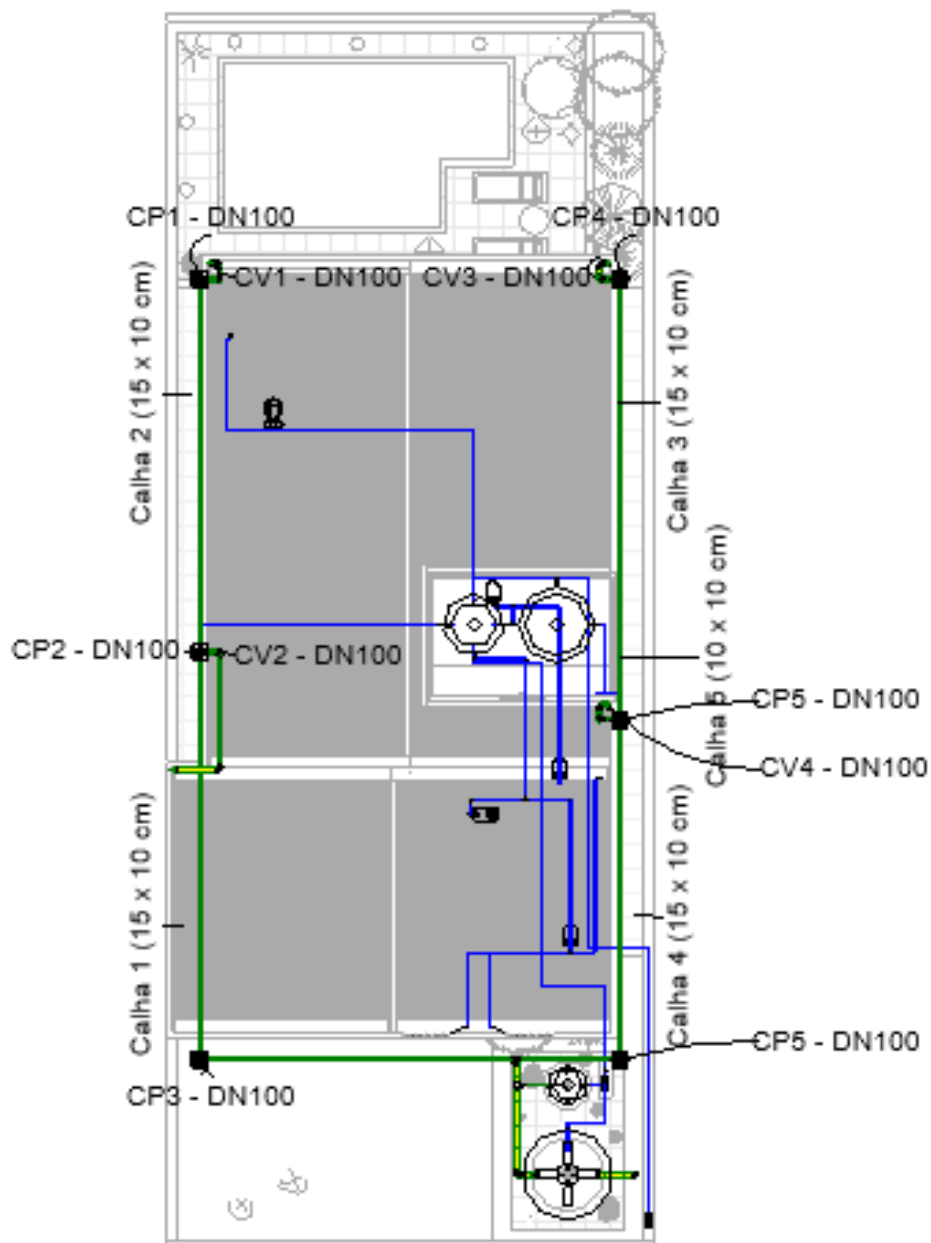
Figura 38 – Vista superior do detalhamento da cisterna



Fonte: Autor, 2019

- Na figura 38 encontra-se a vista superior geral, onde pode-se identificar as calhas, condutores verticais, caixas de passagem e condutores horizontais.

Figura 39 - Vista superior geral



Fonte: Autor, 2019

4.3 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

4.3.1 INVESTIMENTO

Foi levantado o investimento necessário para a implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais conforme dimensionado anteriormente. Neste investimento leva-se em consideração somente o material e a mão de obra adicionais ao projeto original da residência. Originalmente já se previa a utilização de 2 reservatórios superiores de 1.500L com todos os seus acessórios, além dos componentes hidrossanitários necessários para a alimentação dos pontos que foram definidos neste projeto para utilização de água de aproveitamento. As calhas da cobertura também já estavam previstas no projeto original.

Adicionalmente, é necessário a aquisição da cisterna completa, reservatório de descarte de primeira chuva, motobomba, filtro de água da chuva, filtro de entrada do reservatório de aproveitamento, caixas de areia, acessórios como tubulações, registros, conexões e válvulas, além da mão de obra responsável pela escavação, estrutura em concreto e instalação hidráulica. Os valores dos materiais foram retirados de lojas especializadas pela internet com base no dia 07/10/2019. O valor da mão de obra foi estimado por especialista na área de instalações hidráulicas. Na tabela 21, encontra-se o detalhamento do investimento requerido que totaliza R\$ 12.533,58.

Tabela 22 – Investimento detalhado

Descrição	Diâmetro	Quantidade	Unidade	Fabricante	Valor Unitário	Total
Joelho 90° PVC - Água fria	20	12	mm	Tigre	R\$ 0,53	R\$ 6,36
Registro de Esfera	20	2	mm	Tigre	R\$ 9,26	R\$ 18,52
Registro de Gaveta	20	2	mm	Tigre	R\$ 25,90	R\$ 51,80
Joelho 90° PVC - Águas Pluviais	100	15	mm	Amanco	R\$ 20,90	R\$ 313,50
Redução excêntrica PVC - Águas Pluviais	100/50	1	mm	Amanco	R\$ 30,00	R\$ 30,00
Acoplamento PVC - Águas Pluviais	100	7	mm	Amanco	R\$ 11,00	R\$ 77,00
Tê junção - Águas pluviais	100	2	mm	Amanco	R\$ 25,50	R\$ 51,00
Caixa de Areia - Águas Pluviais	100	6	mm	Amanco	R\$ 89,90	R\$ 539,40
Tubulação - Água fria	20	24,42	mm	Tigre	R\$ 2,66	R\$ 65,04
Tubulação - Águas pluviais	100	93,14	mm	Amanco	R\$ 10,10	R\$ 941,02
	50	0,6	mm	Amanco	R\$ 8,33	R\$ 5,00
Motobomba 1/4CV	-	1	-	Schneider	R\$ 537,79	R\$ 537,79
Filtro 25 micra	20	1	mm	Fortlev	R\$ 133,25	R\$ 133,25
Filtro VF-1	100	1	mm	3P Technik	R\$ 1.600,00	R\$ 1.600,00
Válvula de retenção	20	1	mm	Tigre	R\$ 29,90	R\$ 29,90
Cisterna 5.000L Completa c/ acessórios	-	1	-	Fortlev	R\$ 4.950,00	R\$ 4.950,00
Reservatório 250L	-	1	-	Fortlev	R\$ 184,00	R\$ 184,00
Mão de obra instalação cisterna + estrutura	-	1	-	-	R\$ 3.000,00	R\$ 3.000,00
TOTAL						R\$ 12.533,58

Fonte: Autor, 2019

4.3.2 CUSTO EVITADO COM O CONSUMO DE ÁGUA

Foi calculado uma demanda mensal de água de 8,35 m³ para os pontos definidos para aproveitamento de águas pluviais. Com a implementação do projeto em questão, estima-se uma redução na conta de água residencial referente ao volume de água aproveitado. Utilizando a tabela 4 da Sabesp como base para o cálculo do consumo médio diário de água por habitante (200L/hab.dia), o consumo mensal de água da residência em questão originalmente seria de 1200L/dia ou 36m³ por mês, e após o projeto de aproveitamento de águas pluviais, o consumo seria de 27,65 m³. De acordo com a tabela 22 que considera os preços relativos ao consumo de água da cidade de São Carlos/Sp em Outubro de 2019, o custo evitado seria R\$107,13/mês ou R\$ 1285,56/ano.

Tabela 23 - Custos com consumo de água

Tabela de preços - SAAE São Carlos - Outubro/19				Consumo de 36m ³		Consumo de 27,65m ³		
Faixa de Consumo (m ³)	Água		Esgoto		Água		Esgoto	
1-10	R\$ 2,13	R\$ 1,70	R\$ 21,30	R\$ 17,00	R\$ 21,30	R\$ 17,00	R\$ 17,00	R\$ 14,00
11-15	R\$ 3,50	R\$ 2,80	R\$ 17,50	R\$ 14,00	R\$ 17,50	R\$ 14,00	R\$ 14,00	R\$ 11,20
16-25	R\$ 5,22	R\$ 4,18	R\$ 52,20	R\$ 41,80	R\$ 52,20	R\$ 41,80	R\$ 41,80	R\$ 33,44
26-40	R\$ 7,13	R\$ 5,70	R\$ 78,43	R\$ 62,70	R\$ 18,89	R\$ 15,11	R\$ 15,11	R\$ 12,09
			Total	R\$ 169,43	R\$ 135,50	Total	R\$ 109,89	R\$ 87,91
							R\$ 304,93	R\$ 197,80

Fonte: Autor, 2019

4.3.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Verificou-se que é necessário um investimento de R\$ 12.533,58 para a implementação do projeto em questão. O custo evitado anualmente seria de R\$ 1285,56. Considerando o payback como indicador de análise de viabilidade econômica de projeto, ele fornece o tempo necessário para o retorno do capital investido. Neste caso o payback seria de cerca de 10 anos. Porém quando avalia-se o risco deste investimento, ele é classificado como baixo, por se tratar de aquisição de parte de um imóvel residencial. A rentabilidade anual deste investimento é de 10,26% (R\$1285,56/R\$12.533,58), considerando que a inflação sobre moradia, água

e energia no período é praticamente igual ao IPCA, a desvalorização da moeda é equivalente ao reajuste da tarifa de água e esgoto, reduzindo ainda mais o risco inerente a esta operação.

Quando compara-se esta rentabilidade de 10,26% ao ano com taxas de investimentos de baixo risco como Tesouro Selic (5,5% a.a.) e CDBs de bancos (6,5% a.a.), conclui-se que o investimento em questão é viável do ponto de vista econômico.

5 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

O objetivo do presente trabalho era desenvolver um projeto para aproveitamento de águas pluviais e analisar sua viabilidade técnico-econômica. Com base nos resultados apresentados pode-se dizer que este trabalho demonstrou ser um projeto tecnicamente aplicável e economicamente viável. Neste caso específico, foi possível deixar de consumir em média 8.350L de água todos os meses. Frente à escassez de recursos hídricos, tal projeto é de suma importância, devido a gama de aplicações possíveis para a água de chuva, podendo ser utilizada na irrigação de jardins, lavagem de carros, limpeza de garagens e áreas descobertas, descarga de sanitários, entre outras. Dessa forma, a aplicação de técnicas de aproveitamento de água da chuva no âmbito doméstico configura uma alternativa eficaz na redução de consumo de água potável e, portanto, opção aliada no combate à crise hídrica.

Com o crescimento da conscientização para as questões ambientais, é importante que ações como essa sejam implantadas de forma ao favorecimento de toda a população.

Para futuros trabalhos, faz-se a sugestão de desenvolver um projeto de aproveitamento de águas pluviais em residências, com foco na redução do custo total de implementação, analisando desde a otimização do layout até a utilização de materiais de baixo custo ou recicláveis, com isto, pode-se difundir ainda mais tais técnicas em regiões menos abastadas.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – **NBR 15527: Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis** – Requisitos. Rio de Janeiro. 2019.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989. 13 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação**, RJ, 1997.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR 12.214: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR 5626: Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1998.

AMORIM, S.V.; PEREIRA, D.J.A. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, abr./jun. 2008.

ADAS, M. Geografia. 3. ed. ver. atual. São Paulo: Moderna, 1994.

ANDRADE, M.G.N; TORRES, I.A. **Algumas considerações sobre água, saneamento e saúde**. Unidade Médica, v.5, n.9, p. 47-49, 1986.

BARRETO, M.L. **Ambiente e Saúde. Ciência e Saúde Coletiva**. v.3, n.2, p. 21-22, 1998.

BASTOS, Fernanda Pereira. **Tratamento da água de chuva através da filtração lenta e desinfecção UV. 2007**. 135f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Disponível em: Acesso em: 13 Mar. 2019.

BOTELHO, M, H.C. **Águas de Chuva: Engenharia das Águas Pluviais nas Cidades**. ed. 2º São Paulo: Edgard Blucher. 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n.º 36/GM. **Estabelece o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano**. Brasília,1990.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n.º 1.469. **Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, e dá outras providências.** Brasília, 2000a.

CORREIA NETO, S. J; MAINIER, F. B; MONTEIRO, L. P. C. **A importância do reúso da água em centros de treinamento de combate a incêndio.** VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 2010

COSTA, R. H. P. G; TELLES, D. D. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas.** São Paulo. 2010

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução CNRH nº 054, de 28 de novembro de 2005. **Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água.**

CROOK, James, apud SANTOS, Hilton Felício. **Crítérios de Qualidade da Água para Reúso.** Revista DAE 174, Dez 1993.

CUNHA, L.V.; GONÇALVES, A.S.; FIGUEIREDO, V.A. LINO, M.A. **A gestão da água: princípios fundamentais e sua aplicação em Portugal.** Lisboa: Fundação Calauste Gulbenkian, 1980.

CYNAMON, S.E.; VALADARES, J.C.; MOURÃO, W.L.; SALLES, M.J.; NAJAR, A.; FISZON, J.T.; MACHADO, T.T. **Saneamento e saúde ambiental no Brasil.** In: LEAL, M.C.(Org.); SABROZA, P.C.; RODRIGUEZ, R.H. Saúde, Ambiente e Desenvolvimento. v.1. São Paulo-Rio de Janeiro, Hucitec-ABRASCO, 1992.

DACACH, N. G. **Saneamento básico.** 3ª ed. revisada. Rio de Janeiro: EDC-Ed. Didática e Científica, 1990.

DERISIO, J. et al. **Reúso da água servida em residência como proposta de redução do desperdício e das taxas de água e esgoto.** Monografia de Pós-Graduação/"Latu sensu". Foz do Iguaçu, 2004.

DETONI, T.; DONDONI, P. C. Sustentabilidade: **O comércio planetário da água.** XII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 07 a 09 de novembro de 2005

DIMITROV, P. **Chegamos a 2000 d.C., e a saúde para onde vai?** O Mundo da Saúde. v.24, n.1, p. 19-30, 2000.

ECOHABITAT BRASIL. **Sistema de aproveitamento de água de chuva - 3P Technik.**

Disponível em:

<http://www.ecohabitatbrasil.com.br/imgArquivos/ecohabitat_manual_de_instalacao_residencial.pdf> Acesso em 16 junho 2019.

CARTILHA APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL CONCEITOS E INFORMAÇÕES GERAIS DA FEAM/MG. Disponível em:

<http://feam.br/images/stories/2016/PRODUCAO_SUSTENTAVEL/GUIAS-TECNICOS-AMBIENTAIS/CARTILHA_AGUA_DA_CHUVA_INTRANET.pdf>.
Acesso em: 16 junho 2019.

FELIPE, J.C. **Projeto de um sistema de aproveitamento de água da chuva no centro de convivência do campus de Joinville da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).** Trabalho de Conclusão de Curso, para bacharelado em Engenharia Civil, apresentado ao Departamento de Engenharia Civil do Centro de Ciências Tecnológicas, da Universidade do Estado de Santa Catarina. Joinville, 2014. Disponível em: <http://doutoragua.com.br/wp-content/uploads/2012/11/TCC_AC_Juliano_Udesc_2014_compactado.pdf>. Acesso em: 20 maio 2019.

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de utilização das águas pluviais: 100 Maneiras Práticas.** Curitiba: Livraria do Chain Editora, 2002.

FEWKES, A. **The use of rainwater for WC flushing: the field-testing of a collection system.** Building and Environment, v. 34, n. 9, p. 765-772, 1999.

GARDNER, T.; COOMBES, P.; MARKS, R. **Use of rainwater at a rang of scale in Australianurbanenvironments.** Disponível em: <<http://www.eng.Newcastle.edu.au/~cegak/Coombes/RainwaterScale.htm>>.
Acesso em: 12 junho 2019.

GHANAYEM, M. **Environmental considerations with respect to rainwater harvesting.** IN: RAINWATER INTERNATIONAL SYSTEMS, 10., 2001, Manheim. Proceedings, Germany, 2001.

GNADLINGER, J. **Apresentação Técnica de diferentes tipos de cisternas.** Acessado em 25 de jun. de 2012. Disponível em <<http://www.irpaa.org/publicacoes/relatorios/9-conferencia-de-cisternas.pdf>>

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água da Chuva.** In: KOBAYAMA, M.; USHIWATA, C. T.; AFONSO, M. A. Editora Organic Trading – Curitiba/PR, 2002.

HEYWORTH, J. S., MAYNARD, E. J., CUNLIFFE, D. **Who consumes what: potable water consumption in South Australia.** Water v. 1, n. 25, p. 9-13, 1998.

JQUES, Reginaldo C. **Qualidade da água da chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações.** Monografia do Mestrado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo). ZANELLA, Luciano. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva [livro eletrônico]**, Coleção IPT Publicações, São Paulo, 2015.

KOENIG, K. **Rainwater harvesting: public need or private pleasure?** Water 21, London: IWA, feb, p. 56-58, 2003.

LUNA, M. **Água: fonte de vida (e de lucro)**. Disponível em: 17 jan 2007. Acesso em: 11 mar 2007. MARTINS, A. O planeta está sedento. Folha Universal. 16 nov. 2003. p.2^a

MYERS, L. E. Recent advances in water harvesting. Journal of soil and water conservation, v. 22, n. 3, p. 95-97, 1967.

MOTTA, S. **Saneamento**. In: Rouquayrol, M.Z. Epidemiologia & Saúde.4.ed. Rio de Janeiro: MEDS, 1993, Cap.12, p.343-364.

OLIVEIRA, R.M.; VALLA, V.V. **As condições e as experiências de vida de grupos populares no Rio de Janeiro: repensando a mobilização popular no controle do dengue**. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.17, p.77-88, 2001. Suplemento.

OMS, Organização Mundial da Saúde.

PORTO, E. R. et al. **Captação e Aproveitamento de Água de Chuva na Produção Agrícola dos Pequenos Produtores do Semiárido Brasileiro: O Que Tem Sido Feito e como Ampliar Sua Aplicação no Campo**. Centro de Pesquisa do Trópico Semiárido (CPATSA), 1999. Disponível em:

<http://www.cpatosa.embrapa.br/catalogo/doc/agriculture/8_4_everaldo_Rocha_Porto.doc.>

Acesso em: 09 junho. 2019.

RAMOS, Manoel Henrique. **Desenvolvimento de Alternativas para a Reutilização da Água no Serviço Público Municipal**. Disponível em: Acesso em 21/01/2008.

RATTNER, H. **Liderança para uma sociedade sustentável**. São Paulo: Nobel, 1999.

SCHATZMAYR, H.G. **Viroses emergentes e reemergentes**. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.17, 2001. Suplemento.

SICOLINO, L. P.; FURTADO, N. **Manual de operação e manutenção do sistema de aproveitamento de água de chuva**. Fundação para o Desenvolvimento da Educação – FDE, São Paulo, 2015.

SILVA JR, J.B.; SIQUEIRA, J.B.; COELHO, G.E.; VILARINHOS, P.T.R.; PIMENTA, F.G. **Dengue no Brasil: situação atual e atividades de prevenção e controle**. Boletim Epidemiológico, Brasília, v.23, n.1, 2002.

TAUIL, P.L. Urbanização e ecologia do dengue. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.17, 2001. Suplemento.

TEIXEIRA, P.R.R. Fortes e Fortalezas. A participação da FUNCEB na restauração e divulgação do Patrimônio Nacional. **VI Seminário Regional de Cidades Fortificadas e Primeiro Encontro Técnico de Gestores de Fortificações 31 de março a 02 de abril de 2010**. Disponível em:

<<http://www.fortalezas.ufsc.br/6seminario/index.php>>. Acesso em: 28 mai. 2019.

TEXAS (1997) Texas Guide to Rainwater Harvesting. **Texas Water Development Board in Cooperation with the Center for Maximum Potential Building Systems**. 2nd Ed. Austin, Texas, 1997.

THOMAS, V. **Sustentabilidade econômica e ambiental**. O Estado de São Paulo, 18 de agosto de 2004.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. Capítulo 9 - Método de Rippl. 17/07/2011. Disponível em:

<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo09.pdf>. Acesso em: 10 maio 2019.

TOCCHETTO, Marta Regina Lopes; PEREIRA, Lauro Charlet – **Água: Esgotabilidade, Responsabilidade e Sustentabilidade**, 2008.

UNIAGUA (Universidade da Água). **Água no Planeta**. Disponível em: <http://www.uniagua.org.br/aguanoplaneta.htm>. Acesso em: 15 junho 2019.

UNIÁGUA. Universidade da água. **Água no Planeta**. Acesso em 12 junho 2019.

USGS. US GEOLOGICAL SURVEY. **Resumo do ciclo da água**. Disponível em: <<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleportuguesehi.html>>

Acesso em 16 junho 2019.

VICTORINO, C. J. A. **Canibais da natureza: Educação ambiental, limites e qualidade de vida**. Rio de Janeiro: Vozes, 2000.

3P Technik – **Filtro Autolimpante pré-fabricado**. Disponível em: [http://www. agua-de-chuva.com/4-2-Home.html](http://www.agua-de-chuva.com/4-2-Home.html).