

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LUIZ REINALDO STRAPAZZON GOMES

VICTOR HUGO SANTANA

**USO DE POÇOS DE RECARGAS EM RESIDÊNCIAS:
ESTUDO DE CASO**

ANÁPOLIS / GO

2017

LUIZ REINALDO STRAPAZZON GOMES

VICTOR HUGO SANTANA

**USO DE POÇOS DE RECARGAS EM RESIDÊNCIAS:
ESTUDO DE CASO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: CARLOS EDUARDO FERNANDES

ANÁPOLIS / GO: 2017

FICHA CATALOGRÁFICA

GOMES, LUIZ REINALDO STRAPAZZON/ SANTANA, VICTOR HUGO

Uso de poço de recarga em residências: Estudo de Caso
51P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2017).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Águas das chuvas	2. Reúso
3. Poço de recarga	4. Percolação
I. ENC/UNI	II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

GOMES, LUIZ REINALDO STRAPAZZON, SANTANA, VICTOR HUGO. Uso De Poços De Recargas Em Residências: Estudo De Caso. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 51 p. 2017.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Luiz Reinaldo Strapazzon Gomes

Victor Hugo Santana

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Uso De Poços De Recargas Em Residências: Estudo De Caso.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2017

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Os autores reservam outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito dos autores.



Luiz Reinaldo Strapazzon Gomes

E-mail: strapazzonluiz@gmail.com



Victor Hugo Santana

E-mail: victor.hugo_santana@hotmail.com

LUIZ REINALDO STRAPPAZON GOMES
VICTOR HUGO SANTANA

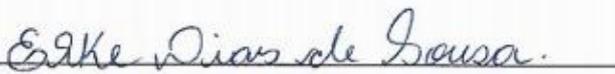
**USO DE POÇOS DE RECARGAS EM RESIDÊNCIAS:
ESTUDO DE CASO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

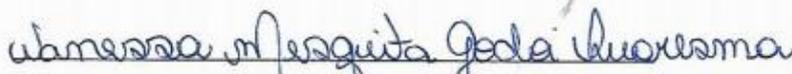
APROVADO POR:



CARLOS EDUARDO FERNANDES, Especialista (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)



ELKE DIAS DE SOUSA, Mestra (UniEvangélica)



WANESSA MESQUITA GODOI QUARESMA
(UniEvangélica)

Mestra

DATA: ANÁPOLIS/GO, 30 de NOVEMBRO de 2017.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado a força de chegar até aqui e sempre ter me abençoado durante as minhas conquistas. Aos meus pais e amigos, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando nessa etapa da minha vida, e nunca deixando eu desistir.

Luiz Reinaldo Strapazzon Gomes

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me iluminado e dado sabedoria suficiente para superar os obstáculos.

Ao professor orientador Carlos Eduardo Fernandes por toda a dedicação e auxílio oferecido durante toda a execução desse trabalho.

Aos meus pais e familiares que me apoiaram incondicionalmente sempre.

Victor Hugo Santana

RESUMO

A função básica desta pesquisa é informar sobre a utilização de poços de recargas em residências com a finalidade principal de reter o maior volume possível de água durante os eventos pluviométricos, para que a rede pública não sofra tão agressivamente com o volume de chuva não percolado pelo solo devido a impermeabilização por construções e pavimentações, fazendo uso também de um reservatório de reuso das águas de chuva, maximizando assim a funcionalidade do sistema, ainda gerando economia pois o mesmo diminui o uso de água potável das distribuidoras . O trabalho apresenta também de forma efetiva como calcular e dimensionar um poço e um reservatório para uma residência simples, sendo levado em consideração para obtenção dos índices necessários para a pesquisa, o ensaio com um infiltrômetro de duplo anel que tem por finalidade descobrir a velocidade de infiltração do solo no local onde serão construídos o poço de recargas e o reservatório. Além de como calcular e dimensionar o poço e o reservatório, também foi feito um pequeno orçamento demonstrando qual a forma construtiva que trará menor gasto para a confecção dos mesmos.

Palavras-chave: Águas das chuvas. Reuso. Poço de recarga. Percolação.

ABSTRACT

The basic function of this research is to report on the use of recharge wells in residences with the main purpose of retaining the largest possible volume of water during rainfall events, so that the public network does not suffer so aggressively from the volume of rain not percolated by soil due to waterproofing by constructions and pavements, also making use of a reservoir of reuse of rainwater, thus maximizing the functionality of the system, still generating savings because it reduces the use of potable water from the distributors. The work also shows how to calculate and size a well and a reservoir for a simple residence, being taken into account to obtain the necessary indexes for the research, the test with a double ring infiltrameter that has the purpose of discovering the speed of infiltration of the soil at the site where the recharge well and reservoir will be built. In addition to how to calculate and size the well and the reservoir, a small budget was also made demonstrating the constructive way that will bring the least expense for the preparation of the same.

Keywords: Rainwater. Reuse. Recharge well. Percolation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Adutora rompida em Anápolis - GO.....	17
Figura 2 – Praça Americano no Brasil em Anápolis-GO	18
Figura 3– Lavoura irrigada por Aspersão.....	19
Figura 4 – Irrigação do Estadio Jonas Duarte em Anápolis-GO	22
Figura 5 – Chafariz localizado em frente à prefeitura de Anápolis-GO.....	23
Figura 6 – Sistema de aproveitamento de água de chuva.....	28
Figura 7 – Preparação do solo para ensaio	35
Figura 8 – Preparação do solo para ensaio	35
Figura 9 – Instalação dos Anéis para realização do ensaio	36
Figura 10 – Preenchimento dos anéis com água.....	36
Figura 11-Aferição das medidas na régua	37
Figura 12 – Aferição das medidas na régua	37
Figura 13 – Esquema de utilização comum de poço de recarga em residência.....	43
Figura 14– Esquema de utilização de reservatório de reuso antes do poço de recarga, em corte	44
Figura 15- Esquema de utilização de reservatório de reuso antes do poço de recarga em planta	45

LISTA DE FÓRMULAS

Formula 1 - Calculo da Vazão.....	29
Formula 2 – Dimenssões de Calha.....	29
Formula 3 – Calculo do Volume.....	31
Formula 4 – Volume de Água do Reservatorio.....	32
Formula 5 - Volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna.....	32
Formula 6 - Volume mensal produzido pela chuva.....	32
Formula 7 - Volume de Água que está no Tanque.....	33
Formula 8 - Cálculo de Confiança.....	33
Formula 9 – Porcentagem de Falhas.....	39
Formula 10 – Intensidade Pluviométrica.....	41
Formula 11 – Vazão de projeto.....	41
Formula 12 – Vazão no condutor.....	42
Formula 13 – Quantidade de tubos.....	42
Fórmula 14 – Fórmula do professor Azevedo Neto.....	41
Fórmula 15 – Volume do poço de recarga.....	42
Fórmula 16 – Profundidade do poço de recarga.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Capacidade dos condutores horizontais de seção circular com vazões em litros/minuto	30
Tabela 2– Área máxima de cobertura para condutores verticais de seção circular.	30
Tabela 3 – Resultados do ensaio do infiltrômetro de duplo anel.	38
Tabela 4 – Valores de “B2”, ”c” e “b” para as cidades de Goiás.	39
Tabela 5- Valores do coeficiente de rugosidade da fórmula de Manning	40
Tabela 6-Fornecedores e valores para os materiais de execução	46
Tabela 7-Materiais necessários para execução do método I.....	46
Tabela 8-Levantamento comercial para execução do poço método I	47
Tabela 9-Materiais necessários para execução do método II	47
Tabela 10 - Levantamento comercial para execução do poço método II	48

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	11
1.1 JUSTIFICATIVA	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
1.3 METODOLOGIA.....	13
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2. USO DE POÇOS DE RECARGA EM RESIDÊNCIAS	15
2.1 A IMPORTÂNCIA DA PRESERVAÇÃO DA ÁGUA	15
2.2 ÁGUA NO MEIO URBANO	16
2.3 USO DE ÁGUA	19
2.4 REUSODA ÁGUA.....	20
2.5 APLICAÇÕES	21
2.6 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA	24
2.7 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO.....	25
2.8 MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO	29
2.8.1 Calhas	29
2.8.2 Condutores Horizontais	30
2.8.3 Condutores Verticais	30
2.8.4 Reservatórios	31
3. ESTUDO DE CASO	34
3.1 ENSAIO UTILIZANDO UM INFILTRÔMETRO DE DUPLO ANEL	34
3.2 DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA E DE ARMAZENAMENTO	38
3.3 ORÇAMENTO PARA EXECUÇÃO DO POÇO DE RECARGA	45
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
REFERÊNCIAS	50

1.INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos primordiais para existência da vida na terra, sem ela nenhum ser vivo conseguiria se desenvolver ou prosperar no ambiente. Com o natural crescimento da população que acontece com o passar do tempo, também ocorre o aumento da demanda de água. Com a crescente escassez e diminuição das reservas naturais desse recurso, se faz necessária uma nova consciência que leve em conta o reaproveitamento e a reutilização de algo tão precioso.

Com a rápida urbanização e expansão das cidades, os problemas causados pela falta de drenagem da água das chuvas se tornaram frequentes e com uma gravidade cada vez maior. Uma das principais causas desses problemas, é a impermeabilização nos grandes centros urbanos provocadas por construções, asfalto, calçadas, entre outros. A grande maioria desses problemas advém da situação da urbanização descontrolada e desenfreada, que faz com que o caminho natural de escoamento e infiltração da água seja alterado ou até mesmo impedido devido a impermeabilização do solo.

O reservatório de reutilização de água da chuva em conjunto com o poço de recarga, é uma ótima opção para tentar solucionar esse problema. Consiste em um reservatório de contenção, utilizado para captar e armazenar temporariamente a água da chuva incidente na área impermeabilizada da edificação através das calhas. Dessa maneira contribuindo para controlar a vazão de água que é descartada na rede pública, com o objetivo de amenizar a ocorrência dos efeitos negativos da chuva, como enchentes, alagamentos, deslizamentos entre outros desastres que possam acontecer devido ao excesso de água escoando de maneira inadequada na superfície do solo.

Algumas cidades já aderiram à lei municipal que exige sistema de drenagem de água pluviais, constituídas de condutores e reservatório. O cálculo para o sistema de poços dependerá da legislação do município a ser implantado, levando em consideração sempre a intensidade das chuvas no local.

Está permitido pela lei três aplicações para a água armazenada.

- A primeira, é o descarte na rede pública 1 hora após o termino da chuva, já que assim o volume de água da calha viária terá escoado, impedindo a ocorrência de inundações.
- Segunda, deixar a água infiltrar no solo, contribuindo para recarga do lençol freático, e diminuindo a vazão de pico escoada pelo sistema de drenagem.

- Terceira, a reutilização desta água, que só será possível se o sistema contar com um reservatório de águas pluviais em conjunto ao poço de recarga.

1.1 JUSTIFICATIVA

O tema, : USO DE POÇOS DE RECARGAS EM RESIDÊNCIAS: ESTUDO DE CASO, foi escolhido em virtude da necessidade de sanar os problemas causados devido ao crescimento de impermeabilização das áreas urbanas, como inundações, desgaste da capa asfáltica protetora do leito carroçável da malha viária, disseminação de doenças de vinculação hídrica, carreamento de lixo e detritos dispostos ao longo do trajeto percorrido pela água, o que ocasiona o assoreamento dos canais de escoamento, entre outros.

O aproveitamento da água da chuva pode ser aplicado para usos não potáveis, tais como, lavar roupas, carros, calçadas, irrigar jardins, reserva para combate a incêndios, descarga de sanitários, entre outros. Em muitos países o aproveitamento da água já é muito aplicado nas residências, e a população tem consciência da importância dessa prática.

Além de ser ecologicamente correto, a prática da utilização da água da chuva pode ser encarada como uma forma de gerar economia financeira já que redireciona a água captada nos períodos chuvosos do ano para esses usos menos nobres como citados anteriormente diminuindo o consumo da água fornecida pela prestadora no decorrer do mês.

Levando em conta todo o exposto acima tem-se a crescente necessidade de aprimoramento nos conhecimentos a cerca desse assunto o que fez com que a escolha do tema se tornasse unânime, tendo em vista o bem geral. Quanto maior a conscientização da população a respeito das necessidades de controlar o volume de chuva escoado pela superfície das ruas, melhor serão os resultados de medidas implantadas pela administração pública, pois sem a ajuda da população torna-se impossível fazer com que as medidas surtam o efeito desejado. Sendo assim esse trabalho contribui de forma positiva para que todos tenham um conhecimento mais aprofundado acerca do assunto.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O trabalho a ser apresentado tem como principal objetivo demonstrar, através de um estudo de caso, a aplicabilidade do aproveitamento das águas pluviais em conjunto com poços de recarga, buscando diminuir os transtornos causados em dias de chuvas rápidas (grande volume de água em pequeno intervalo de tempo), além da contribuição econômica que tal aproveitamento pode gerar.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Apresentar um sistema de captação e aproveitamento de água da chuva, para o uso não potável, tornando-o cada vez mais popular no meio da construção civil.
- b) Dimensionar um modelo de um reservatório para Reuso das águas da chuva e um poço de recarga que se aplique a residências.
- c) Proporcionar as vantagens e desvantagens da utilização desse sistema de captação e aproveitamento das águas pluviais.
- d) Realizar ensaios para interpretar os resultados que mostrarão a efetividade do uso dos poços de recargas em diferentes solos com destaque para o solo de Anápolis.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia a ser utilizada será sobre análise e dimensionamento de sistema para aproveitamento das águas pluviais e poços de recarga em residências. Para que os objetivos deste trabalho sejam alcançados basear-se-á nas leis, normas (ABNT) e livros referentes a esse assunto, além de projetar com o auxílio de software (AutoCAD) um modelo de sistema que funcione de forma conjunta, e associe um reservatório de aproveitamento e um poço de recarga.

Além de visitas in-loco para averiguação da correta forma de montagem e construção de poços de recarga, estabelecer-se-á um comparativo entre modelos dispostos no mercado a fim de apontar qual seria mais viável, economicamente falando, no momento da elaboração deste trabalho.

Também será necessário um ensaio em campo, para apresentar o método do Infiltrômetro de Anel para calcular a capacidade de recarga e absorção do solo de Anápolis, tendo como função de determinar sua capacidade de aplicação como solução das altas taxas de escoamento que produzem diversos problemas de alagamentos em pontos da cidade.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Visando melhor compreensão por parte público que este trabalho almeja atingir, a presente pesquisa será dividida em 4 capítulos sendo eles o primeiro referente à Revisão Bibliográfica onde de forma geral será abordada o primeiro contato com a pesquisa, sua função e seus benefícios a sociedade.

O segundo capítulo fará referência ao estudo de caso e elaboração da solução conjunta entre sistema de aproveitamento de águas pluviais e poços de recarga.

O terceiro capítulo diz respeito às considerações finais e às conclusões obtidas com a presente pesquisa.

E o quarto e último capítulo apresenta as considerações finais, discorrendo sobre o uso de poços de recargas para combater os problemas constantes de enchentes.

2. USO DE POÇOS DE RECARGA EM RESIDÊNCIAS

2.1 A IMPORTÂNCIA DA PRESERVAÇÃO DA ÁGUA

A água é um recurso precioso e limitado em nosso planeta. Ainda que cerca de 80% da superfície do nosso planeta seja coberta por água, há uma escassez cada vez maior de água doce, levando em conta que esse grande volume de água não é considerado potável devido a salinização do mar, e do pequeno percentual de 3% que representa a água doce do nosso planeta, 80% se encontra congelado em geleiras ou nos polos, tão como em reservatórios naturais subterrâneos extremamente profundos. Sendo assim restam apenas 20% deste recurso que está à disposição imediata do homem.

No Brasil a população é privilegiada com a abundância de água na maioria das regiões, por ser um país de caráter tropical dispõe de grandes rios e córregos que garantem abastecimento de água potável. Entretanto devido ao mal uso dos recursos hídricos no Brasil, a poluição crescente e o desperdício de um bem tão precioso, essa abundância pode ser ameaçada.

Há agora uma crescente necessidade por parte do estado e da população de conscientização, para que esse recurso seja preservado, tão como políticas de incentivo a adoção de métodos para conscientização contra o desperdício de água. Um excelente método para economia urbana de água é o Reuso de águas pluviais.

Embora pouco explorada no Brasil, essa técnica vem ganhando seu espaço e notoriedade na comunidade de engenheiros do Brasil. Cada dia mais o mercado de engenharia brasileira se importa com a sustentabilidade de suas construções e se preocupa com o impacto de suas ações no meio ambiente. Algumas cidades brasileiras como Curitiba-Paraná e São Paulo-São Paulo, já tornaram lei a captação da água pluvial. Abaixo tem-se um trecho da lei municipal nº. 10785 de 18 de Setembro de 2003, de Curitiba-Paraná:

“Cria no Município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações - PURAE.”

Art. 1º. O Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE tem como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.

Art. 7º. A água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque, para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da Rede Pública de Abastecimento, tais como:

Rega de jardins e hortas,
Lavagem de roupa; Lavagem de veículos;
Lavagem de vidros,
Calçadas e pisos.

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

Já na cidade de São Paulo, a lei estadual N.º 12526 de 2 de janeiro de 2007 aponta que:

“Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais”.

Artigo 1º - É obrigatório a implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, em lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m² (quinhentos metros quadrados) ...

Já na cidade de Anápolis, o Plano Diretor traz em seu Artigo de nº 87 a exigência para a instalação do poço de recarga ou dispositivo de retenção das águas pluviais, e em seu Artigo de nº 88 demonstra as diretrizes básicas que devem ser seguidas durante o processo de instalação e construção de tais dispositivos.

Mesmo que seja uma grande ajuda a implantação de leis que regulamentem o Reuso de águas pluviais ainda há a necessidade de fiscalização por parte dos órgãos públicos para que o cumprimento da lei seja real, e não apenas uma medida tomada no papel.

2.2 ÁGUA NO MEIO URBANO

No decorrer dos anos a medida que os meios urbanos crescem e se desenvolvem, problemas referentes a água podem surgir nas cidades brasileiras, problemas relacionados

tanto ao abastecimento quanto ao controle das águas de chuva. A medida que a população cresce nas cidades, se faz necessário que o volume dos reservatórios de armazenamento de água potável seja cada vez maior, necessitando assim de grandes barragens e grandes obras para que o abastecimento não seja prejudicado.

Figura 1 - Adutora rompida em Anápolis - GO



Fonte: Danilo Boaventura, 2016.

Entretanto devido às mudanças climáticas que acontecem no ambiente, seja por intervenção humana ou por meio natural, os períodos de estiagem estão cada vez maiores, então se soma o grande aumento da necessidade de água potável junto ao volume não reabastecido das reservas, o que pode gerar uma séria crise de abastecimento (WELLE, 2014).

Em contrapartida a esse cenário de escassez extrema de água potável, pode-se imaginar uma solução para minimizar tanto os problemas de abastecimento quanto de escassez de água potável, que é o Reuso das águas pluviais (PENSAMENTO VERDE, 2013).

Para a cidade de Anápolis a Prefeitura Municipal regulamenta, através do seu plano diretor, que o uso da água da chuva deve ser feito apenas para usos não potáveis,

como por exemplo, o uso em válvulas de descarga de residências e mictórios, tão como lavagem de área externas. Essa opção além de contribuir com o racionamento do uso de água potável armazenada em reservatórios de grande porte, gera também benefício econômico para aqueles que a adotam, além de diminuir o uso de produtos químicos para potabilização da água (Plano Direto de Anápolis, 2016).

Figura 2 – Praça Americano no Brasil em Anápolis-GO



Fonte: Portal 6, 2015.

O aproveitamento de águas pluviais também contribui para a diminuição do volume que esco superficialmente, ajudando assim para que a rede de drenagem não seja sobrecarregada. Com a diminuição da vazão de pico do escoamento superficial durante a estação chuvosa, pode-se também evitar o acontecimento de inundações e prejuízos que ocorrem por consequência da mesma, como desgaste excessivo da capa asfáltica do leito carroçável das ruas, deterioração dos sistemas de drenagem devido à sobrecarga, prejuízos financeiros advindos da ocorrência das inundações em áreas residenciais, disseminação de doenças de veiculação hídrica, a retenção desse volume de água contribui diretamente para amenização dos problemas citados acima.

Com todos esses pontos positivos relacionados a melhoria urbana, o Reuso das águas pluviais é uma ótima solução moderna ser incorporada com mais frequência nas obras de engenharia, levando em conta a quantidade de aspectos positivo em que ela pode beneficiar o meio no qual é instalado, em grande escala esse método poderia contribuir de maneira bem significativa com os problemas urbanos relacionados a água e não só de forma pontual.

Além do Reuso de águas de chuva, é aconselhável também o uso de poços de recarga nas residências, para que o volume excedente a capacidade do reservatório possa ter a chance de infiltrar no solo, o que também contribui de forma direta na amenização de todos os problemas supramencionados relacionados a drenagem de águas das chuvas.

2.3 USO DE ÁGUA

Segundo Mieli (2001) o uso da água pode se dar de duas formas em nossa sociedade: por retirada ou por consumo. Por retirada é quando a água em locais onde se encontra na superfície, é retirada de sua reserva por meio de processos naturais como evaporação ou transpiração, ou até mesmo retirada para ser utilizada pelo homem. O consumo por sua vez, é a água utilizada pelos seus consumidores. Já no caminho contrário existe também o fluxo de retorno, que nada mais é que o volume não consumido e que retorna ao meio natural para que assim possa estar disponível novamente para retirada.

Figura 3– Lavoura irrigada por Aspersão



Fonte: Érico Andrade, 2015.

Além da descrição acima, Mieli (2001) descreve outras duas classificações para o uso, sendo elas: uso local ou uso externo. O uso externo se caracteriza pela extração desse bem mineral, seja em um reservatório de superfície ou subterrâneo, para utilização nos mais diversos fins humanos, desde consumo na cidade, até consumo industrial e irrigação de plantações. Já o uso local diz respeito a utilização da água de tal forma que a água em seu reservatório natural não é dividida em seu volume, ou retirada para demais localidades, por exemplo para criação de peixes ou recreação e navegação.

No início dos anos 2000 estudos feitos pela Organização das Nações Unidas apontam que uma pessoa necessita em média, cerca de 200 litros de água diariamente para que todas suas necessidades sejam atendidas. Esse valor pode sofrer uma variação não acentuada, devido as mudanças de região e fatores externos como: costumes locais, posição geográfica, condições de distribuição locais, variando também o uso doméstico, comercial e industrial, entre outros vetores determinantes que podem indicar uma alteração deste parâmetro.

O uso doméstico considera por sua vez todas as necessidades humanas do uso da água por dia, tão como necessidades fisiológicas como banhar-se e consumo, até necessidades rotineiras como lavar a louça, o quintal e o carro. O uso doméstico interno possui pouca variação no decorrer do ano, entretanto o uso externo possui uma grande fluutuabilidade, devido a mudanças de estações, posição geográfica no globo, entre outros fatores determinantes.

Quanto ao usuário, segundo Mieli (2001) pode-se classificá-los em duas ramificações distintas, usuários diretos, como por exemplo residências, pontos comerciais, indústrias entre outros, e operadores, concessionárias, estado e o município.

2.4 REUSO DA ÁGUA

De acordo com Mieli (2001) o reuso da água, é nada mais que, a reutilização do recurso para a mesma, ou para diferentes finalidades, e pode ser planejada ou não planejada. Abaixo tem-se então exemplos de reuso da água de acordo com Mieli (2001):

- Reuso indireto não planejado da água: Trata-se da ocasião onde a água usada para alguma atividade qualquer fora novamente destinada a natureza, e em um ponto a jusante do inicial fora utilizada novamente, sem nenhum controle ou sem nenhuma intenção de reutilização.

- Reuso indireto planejado da água: Consiste no reuso indireto, entretanto nessa ocasião a água destinada novamente as reservas naturais superficiais ou subterrâneas, passa por tratamento, afim de que os indivíduos que decidirem usar esse recurso em um ponto a jusante não encontrarão contaminações na água. Dessa vez o descarte da água de volta a natureza fora feito de maneira intencional, já a reutilização da mesma a jusante é de maneira indireta.
- Reuso planejado direto da água: Já no caso do reuso direto planejado, após a utilização da água para determinado fim, a mesma sofre tratamento e é direcionada diretamente ao próximo ponto de uso, como exemplo podemos citar indústrias que utilizam a água, tratam e a destinam para irrigação de plantações nos arredores da fábrica.
- Reciclagem da água: É o reuso interno da água, antes da disposição da mesma em uma rede externa de tratamento ou em uma nova localidade. O volume é reutilizado como fonte suplementar ao abastecimento.

2.5 APLICAÇÕES

Várias são as formas de aproveitar a água de chuva, algumas delas são o uso em irrigações de lavouras, parques e jardins, indústrias, campos de futebol, lavagens de carros, vagões de trens, rodovias, avenidas, calçadas, entre outros.

Figura 4 – Irrigação do Estádio Jonas Duarte em Anápolis-GO



Fonte: Prefeitura de Anápolis, 2016.

O uso consciente da água acaba por proteger o meio ambiente, de modo que a utilização da água aproveitada proveniente das chuvas diminui o consumo de águas da superfície e águas subterrâneas. Além de diminuir o gasto com infraestrutura, necessária ao tratamento e transporte de água das reservas naturais, de onde é coletada a água potável, até a cidade ou ambiente rural onde será utilizada.

Segundo o Ministério das Cidades, o Brasil chega a desperdiçar 37% de toda a água tratada pronta para o consumo. O Centro-Oeste possui o menor desperdício cerca de 30%, já a região Norte chega a desperdiçar 54% da água tratada, para efeito de comparação o máximo em países desenvolvidos gira em torno de 18% a 20%. A maior parte desse desperdício ocorre com tubulações antigas e frágeis que se rompem com facilidade ocasionando vazamentos e conseqüentemente o desperdício.

Ainda sobre a escassez de água que deverá atingir nosso mundo em poucos anos, o Instituto de Gerenciamento da Água, afirma que no decorrer dos próximos 25 anos cerca de 33% da população mundial deverá sentir o impacto da escassez de água. O estudo feito

pelo instituto, abrange 118 países e faz uma análise completa do ciclo hidrológico da água, e prevê a suas relações com a humanidade no período de 1990 a 2025. De acordo com as informações levantadas no trabalho do instituto, os países são classificados em quatro grupos de acordo com seus recursos hídricos e a disponibilidade de acesso aos mesmos; sendo a classificação a seguinte:

- a) Grupo 1: Países que já são atingidos pela crise de escassez de água.
- b) Grupo 2: Países em que os recursos atendem às suas necessidades, porém terão de fazer um grande esforço para acessar a essas reservas.
- c) Grupo 3: Países com reservas suficientes para que haja tranquilidade no abastecimento, entretanto em diversas ocasiões os recursos se encontram distantes da localidade onde será utilizado. É nesse grupo em que está classificado o Brasil.
- d) Grupo 4: Idem ao grupo 3.

Segundo Mieli (2001) para que um programa de Reuso de água seja implantado, alguns fatores devem ser levados em consideração, como exibido a seguir: A determinação mínima da qualidade da água para o uso em questão.

- a) Identificar fontes de água com qualidade a qualidade exigida.
- b) Como transportar a água ao novo uso.
- c) Custo com a reciclagem da água.

Figura 5 – Chafariz localizado em frente à prefeitura de Anápolis-GO



Fonte: Gabriela Fujita, 2012.

2.6 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

No Brasil a utilização da água de chuva só é permitida para fins não potáveis, caso a mesma não receba tratamento adequado, o que não seria viável economicamente, levando em conta que elevaria muito o custo de instalação de sistemas de aproveitamento, e inviabilizaria sua disseminação nas comunidades menos favorecidas economicamente falando.

No caso da cidade de Anápolis o Plano diretor estipula em seu Artigo nº 88, parágrafo terceiro, que esse aproveitamento não pode ser feito para usos potáveis, como mostrado a seguir:

“§3º. O aproveitamento da água deve ocorrer com finalidades não potáveis, atendidas as Normas Brasileiras Regulamentadoras – NBR, vigentes e aplicáveis à espécie e as condições técnicas específicas estabelecidas pelo órgão municipal responsável.”

Além dos motivos citados anteriormente, que encorajam o aproveitamento das águas de chuva, como por exemplo a conscientização da preservação do meio natural, a baixa disponibilidade de água em determinados locais e a viabilidade econômica levando em conta as altas taxas exigidas pelas concessionárias que administram o fornecimento de água local, além de leis municipais que não só incentivam como também exigem no mínimo a instalação de dispositivos de retenção de águas pluviais. Temos também alguns novos aspectos que influenciam na decisão de implantar esse método, como por exemplo, a falta de estabilidade no fornecimento que por diversas vezes gera transtornos e prejuízos na vida dos cidadãos, e locais onde o período de estiagem é demasiado extenso.

Como já observado em parágrafos anteriores, a água é extremamente importante para a vida humana em diversos fins, mas para que haja um equilíbrio no uso desse recurso, as reservas devem superar em números significativos a demanda humana por água. E quando isso não acontece há então um desequilíbrio nesse sistema tão sensível, esse fenômeno pode ocorrer por dois motivos, o primeiro seria a motivação natural, ou seja algum desastre natural ou efeito da natureza, causar a falta de água ou a diminuição na disponibilidade desse recurso, já o segundo seria a intervenção humana que não necessariamente precisa ser o aumento da demanda de água, também pode ocorrer por meio da destruição de fontes naturais deste recurso, desperdício durante o consumo ou poluição das mesmas (MACEDO, 2007).

De acordo com Tomaz (2003) existem indicadores que demonstram quando a água se tornará escassa, e qual o momento certo de começar a investir em meios para racionar a água ou, diminuir a extração do recurso do meio natural, implantando políticas de Reuso e de aproveitamento de águas pluviais. Tais indicadores são, ICRH – Índice de Comprometimento dos Recursos Hídricos e DEA – Disponibilidade Específica de Água, de acordo com o autor quando os indicadores de ICRH e DEA, atingirem os valores de 3, ou o intervalo entre 2000 a 1000 m³/ano/hab., respectivamente, é recomendado o aproveitamento de águas de chuva.

O aproveitamento de águas pluviais é indicado para todo tipo de usos não potáveis da água, com exceção a lavagem de roupas devido a problemas com parasitas de veiculação hídrica. Salienta-se, entretanto, que embora seja extremamente vantajoso e econômico a implantação de tal método, o mesmo não substitui a água tratada que é fornecida pelas concessionárias, levando em conta que a mesma pode ser utilizada para cocção de alimentos, higiene pessoal, e até mesmo para ingestão humana.

2.7 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO

O sistema de aproveitamento de águas de chuva consiste em recolher a água precipitada sobre uma superfície, canalizada a um reservatório através de calhas ou tubos, antes que a água seja depositada no reservatório a mesma deverá passar por algum tipo de filtro simples para que possam ser removidos da água detritos e coisas semelhantes a esse, evitando assim a contaminação da reserva de água.

Para que se tenha um sistema confiável e funcional é necessário que ele seja dimensionado por um profissional capacitado e que realmente tenha um conhecimento aprofundado da situação, sem isso o sistema poderia não ser capaz de atender a demanda necessária para a qual deveria ser concebido, o que pode gerar transtornos além de possíveis gastos em reparos e adequações, o que faria com que essa opção perdesse uma de suas principais características, que é a economia que pode ser gerada utilizando esse sistema. Seguem a seguir alguns passos devem ser seguidos durante o processo de dimensionamento, e instalação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais (MIELI, 2001).

- a) 1º Passo: Dimensionamento do Sistema

Dimensionar o sistema de modo a atender as necessidades do usuário, levando em consideração a área que servirá para a captação da água da chuva e as características da construção.

O reservatório deve possuir tamanho e localização estratégicos pois isso resulta em maior economia financeira. Para o tamanho e capacidade do reservatório deve-se analisar a previsão do consumo e o período máximo de estiagem previsto para a região. O abastecimento pode ser feito de forma mista contando também com parte do abastecimento feita por rede pública ou através de poços artesianos.

b) 2º Passo: Modelo do Sistema

O modelo do sistema de aproveitamento dependerá da empresa contratada, podendo variar de modelos mais simples, como linhas que utilizam filtros de descida por gravidade e caixas d'água acima do nível do solo á linhas mais completas que utilizam cisternas e filtros subterrâneos que fazem um aproveitamento mais completo da água de chuva.

c) 3º Passo: Fornecimento de Componentes

De acordo com o dimensionamento, o fornecedor especifica e fornece os componentes e materiais necessários.

d) 4º Passo: Instalação do Sistema

A instalação fica por conta da empresa que deve ter disponível pessoal instruído e os componentes necessários à instalação. Um sistema de uso interno e externo possui componentes como calhas para a captação da água do telhado, filtros, reservatório, bombas, freio d'água, filtro flutuante e multisifão.

É importante lembrar, como dito anteriormente, que o aproveitamento das águas pluviais não exclui a necessidade de água tratada na residência, apenas diminui a demanda da mesma, através do aproveitamento de um recurso que antes seria desperdiçado de forma irresponsável em galerias de água, o que poderia acarretar em diversos problemas urbanos, dando assim uma destinação mais útil a esse bem natural que se torna cada vez mais escasso.

De acordo com Mieli (2001), para que esse sistema funcione primeiramente tem-se a necessidade de captação do volume precipitado através de uma superfície, seja ela de qualquer espécie, no Nordeste é comum a pavimentação e impermeabilização, com argamassa, de grandes áreas para que essas se tornem superfícies de captação, na região de Goiás é mais comum a utilização do próprio telhado da residência como superfície de

captação, levando em conta que o mesmo já faria o direcionamento do volume precipitado através de calhas para a rua. A superfície coletora seja ela impermeabilizada no solo ou através do telhado, deve seguir alguns parâmetros, como por exemplo: a mesma deve possuir inclinação, para evitar empocamento, além de ser proibido o trânsito de pessoas e animais na área, a mesma deve ser medida em metros quadrados.

Após a captação do volume de água é necessário dar uma destinação ao mesmo, que normalmente é feita com o auxílio de calhas e tubos. As calhas são instaladas nos telhados, direcionando assim o fluxo para o solo por gravidade, onde o mesmo passa a ser transportado através de tubulações, comumente feitas de PVC. Para dimensionar tais condutores, sejam eles calhas ou tubos, é necessário levar em conta a vazão de projeto calculada utilizando o índice pluviométrico local, o erro nessa etapa pode gerar condutores subdimensionados, ocasionando o não funcionamento ideal do sistema.

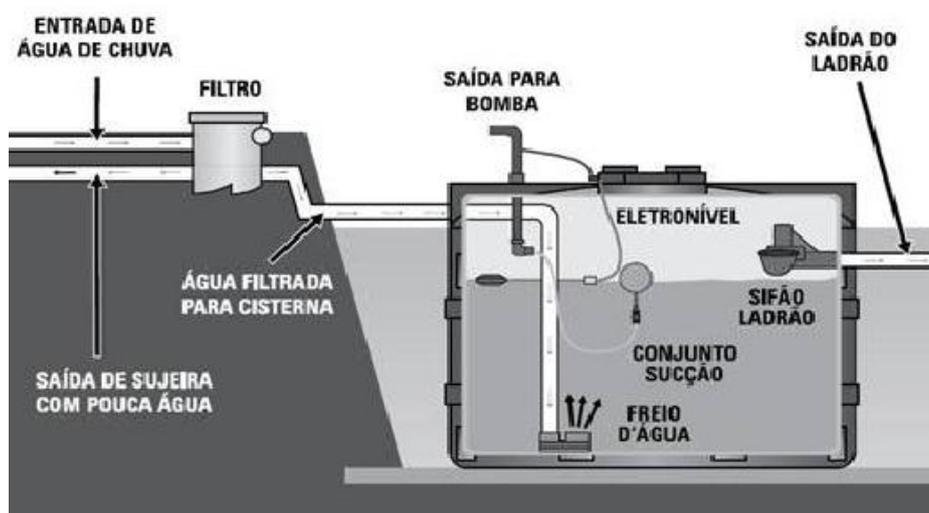
Chegando na parte principal do sistema, tem-se o reservatório de águas que será responsável pelo armazenamento de todo o volume escoado durante a estação chuvosa. Os mesmos podem ser elevados, enterrados, semienterrados ou ao nível do solo, podem ser confeccionados nos mais diversos materiais, de alvenaria a polipropileno ou até mesmo aço inox. Os mesmos devem ser construídos de forma semelhante a reservatórios de água potável e possuir tampas com vedação evitando a entrada de insetos, animais e detritos.

Apesar de parecer extremamente simples, o sistema conta com algumas particularidades, como por exemplo o sistema de “*By-pass*”, que nada mais é que um dispositivo com o intuito de descartar o primeiro volume de chuva a entrar no sistema após a estação de estiagem. É necessário fazer esse descarte já que após um determinado período com ausência de chuvas o telhado ou superfície coletora, pode começar a acumular detritos e sujeira, como folhas e galhos secos trazidos pelo vento, ou até mesmo por pássaros que tem intenção de fazer ninhos em pontos estratégicos das calhas. O dispositivo deve funcionar de maneira automática para que não seja necessário ao morador fazer esse desvio manualmente, já que o mesmo pode esquecer de fazê-lo e deixar que a água contaminada com detritos entre no reservatório.

Ainda falando sobre o reservatório, temos o chamado freio d’água que consiste em conduzir os volumes de água para dentro do reservatório de forma a evitar com que a água forme turbilhões e misture os detritos sedimentados no fundo do reservatório com a água do mesmo.

Além dos itens citados acima, temos também uma peça importante do reservatório que fará com que todo o sistema funcione em harmonia, o extravasor. Consiste em uma tubulação ou qualquer outro tipo de condutor que tem por finalidade dar destinação ao volume excedente a capacidade do reservatório, ou seja, evitar que o reservatório transborde. Comumente o mesmo destina esse volume extra a calha viária, entretanto pode ser destinado a um poço de recarga onde esse volume extra poderia ser infiltrado no solo e não despejado na via pública.

Figura 6 – Sistema de aproveitamento de água de chuva.



Fonte: Snatural, 2016.

A imagem acima exemplifica de forma clara o que foi citado anteriormente, primeiramente, acontece a entrada da água da chuva no sistema por meio das calhas, em seguida descarta-se a primeira chuva que traz consigo impurezas do período da estiagem, em seguida o filtro remove sedimentos grosseiros como galhos e folhas retidos no telhado e nas calhas, não deixando passar nada maior que grãos de areia. Na entrada do reservatório o freio d'água faz com que não se formem turbilhões dentro do reservatório pois isso evita que os sedimentos depositados no fundo não voltem a se misturar com a água. O extravasor é acionado por um dispositivo que monitora o nível da água, quando esse nível máximo é ultrapassado, aciona-se o extravasor que expulsa esse excedente para fora. Através de uma bomba, a água do reservatório é bombeada para um reservatório superior onde será feita a distribuição dentro e fora da residência.

2.8 MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO

2.8.1 Calhas

O primeiro passo para dimensionar de forma correta a calha é saber qual a vazão que deverá escoar pela mesma. Segundo a NBR 10844/89 a maneira correta de calcular a vazão na calha é através da seguinte fórmula:

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

Onde:

Q= Vazão de Projeto (litros/min)

I = intensidade pluviométrica (mm/h)

A = Área de Contribuição (m²)

Para que o dimensionamento seja correto o tempo de retorno a se considerar, segundo Macedo (2007), varia entre 5 a 25 anos, quanto maior o tempo de retorno mais robusta e maior a secção da calha.

A partir do valor da vazão, prossegue-se para o dimensionamento das dimensões da calha, onde poderá ser determinada a área molhada da seção e através dessa determinar as dimensões básicas como altura e largura. Para isso utiliza-se a fórmula a seguir, demonstrada por Macedo (2007):

$$Q = 60000 \cdot x \left(\frac{A}{n} \right) \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{0,5} \quad (2)$$

Onde:

Q= vazão de pico (l/min)

A = área da seção molhada(m²)

n = coeficiente de rugosidade de Manning

R = raio Hidráulico = A/P

P = perímetro molhado (m)

S = declividade da calha (m/m)

2.8.2 Condutores Horizontais

Os condutores horizontais são o caminho da água escoada pelo solo, e para seu dimensionamento segundo Macedo (2007), poderá ser utilizada a fórmula de Manning considerando uma seção máxima de altura 0,66 D, ou então utilizar a Tabela 1 a seguir, fornecida pela NBR 10844/89, entretanto para a mesma só é aceita a declividade de 5%.

Tabela 1 – Capacidade dos condutores horizontais de seção circular com vazões em litros/minuto

Diâmetro Interno (mm)	n=0,011				n=0,012			
	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
50	32	45	64	90	29	41	59	83
75	95	133	188	267	87	122	172	245
100	204	287	405	575	187	264	372	527
125	370	521	735	1040	339	478	674	956
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070
300	3820	5380	7590	10800	3500	4960	6960	9870

Fonte: NBR 10844/89

2.8.3 Condutores Verticais

Existem diversas maneiras para dimensionamento de condutores verticais, a fórmula hidráulica, ou conforme Macedo (2007), existe a maneira prática disponibilizada pela NBR 10844/89, onde a dimensão do condutor pode ser obtida por tabela em função da área de contribuição do telhado. A seguir tem-se a tabela disposta pela norma:

Tabela 2– Área máxima de cobertura para condutores verticais de seção circular.

Diâmetro do conduto vertical (mm)	Área máxima de telhado (m ²)
50	13,6
75	42,0
100	91,0
150	275,0

Fonte: Macedo (2007)

2.8.4 Reservatórios

Existem atualmente diversos métodos para cálculo do volume dos reservatórios, explorar-se-á nesse trabalho apenas os métodos práticos, que são: método prático inglês, australiano, alemão e do professor Azevedo Neto.

a) Método Prático do professor Azevedo Neto:

$$V = 0,042 . P . A . T \quad (3)$$

Onde:

V= Volume de água aproveitável e o volume de água no reservatório em litros.

A= Área de coleta em metros quadrados

T= Número de meses com menor volume de chuvas ou período de estiagem.

P = Precipitação média anual, em milímetros.

b) Método Prático Alemão:

Método empírico, não muito comum no Brasil, ontem toma-se o menor valor entre as variáveis: demanda anual de água não potável, ou volume anual de água de chuva aproveitável, e através desse valor determina-se 6% como volume do reservatório, assim como diz Macedo (2007):

$$V_{adotado} = \min(V; D) . 0,06 \quad (4)$$

Onde:

V= Volume aproveitável de água de chuva anual, em litros.

D= Demanda anual de água não potável, em litros.

V_{adotado} = Volume de água do reservatório, em litros.

c) Método Prático Inglês:

$$V = 0,05 . P . A \quad (5)$$

Onde:

P = precipitação média anual, em milímetros.

A = Área de coleta, em metros quadrados.

V = Volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, em litros.

d) Método Prático Australiano

Segundo Macedo (2007) o primeiro passo é calcular o volume de chuva através da equação a seguir:

$$Q = A \cdot C \cdot (P - I) \quad (6)$$

Onde:

C= coeficiente de escoamento superficial. Valor usual = 0,80 Macedo (2007)

P= a precipitação média mensal, em milímetros.

I= interceptação da água que molha as superfícies e perdas de evaporação. Valor usual = 2m.

A= área de coleta, em metros quadrados.

Q= Volume mensal produzido pela chuva, em metros cúbicos.

A seguir o cálculo do reservatório é feito pelo método de tentativa e erro, sendo assim apenas será possível determinar o volume após otimizar os valores e obter-se um alto valor de confiança.

$$V_t = (V_{t-1}) + Q_t - D_t \quad (7)$$

Onde:

Q_t= Volume mensal produzido pela chuva no mês t.

V_t = Volume de água que está no tanque, no fim do mês t, em metros cúbicos.

V_{t-1}= Volume de água que está no tanque no início do mês t, em metros cúbicos.

D_t = É a demanda mensal, em metros cúbicos.

Após todos os cálculos o volume obtido para o tanque será em metros cúbicos.

Ainda sobre reservatórios, há o cálculo do índice de confiança para o sistema de aproveitamento de águas pluviais, esse índice deverá permanecer entre 90 e 99%, segundo Macedo (2007). Para o cálculo do mesmo tem-se a seguinte fórmula:

$$\mathbf{Confiança = (1 - P_r)} \quad \mathbf{(8)}$$

P_r = Falha

Para calcular-se a porcentagem de falhas tem-se a fórmula a seguir:

$$\mathbf{P_r = \frac{Nr}{N}} \quad \mathbf{(9)}$$

Onde:

P_r = Falha

N_r = Número de meses em que o reservatório não atende à demanda, ou seja $V_t=0$.

N = Número de vezes considerado. Valor usual = 12 meses.

3. ESTUDO DE CASO

Para o estudo de caso do trabalho foi efetuado um ensaio de infiltração no solo utilizando um infiltrômetro de duplo anel, após isso prosseguir-se-á com o dimensionamento das medidas necessárias para que seja atendida uma residência unifamiliar simples, com 3 quartos.

3.1 ENSAIO UTILIZANDO UM INFILTRÔMETRO DE DUPLO ANEL

Primeiramente foi feita uma limpeza do terreno removendo galhos, pedras e outros detritos que poderiam vir a alterar os resultados do ensaio. Após essa limpeza com o auxílio de material adequado escavou-se um buraco com dimensões de 50 cm de largura e 10 cm de profundidade onde foi inserido o infiltrômetro de duplo anel. O mesmo permaneceu em repouso no local por volta de 72 horas.

Passadas as 72 horas destinadas ao repouso do solo, inicialmente fora acrescentada água no anel interno e no anel externo até a medida de 13,9 cm de uma régua comum. As medidas foram realizadas no anel interior pois, o anel exterior possui apenas a função de minimizar os efeitos da infiltração lateral. A primeira medição na régua se deu com 2 minutos e as duas subsequentes com o mesmo intervalo de tempo. O ensaio não obteve o resultado esperado.

Passados os primeiros seis minutos de ensaio, aumentou-se o tempo de espera para quatro minutos por mais três vezes. Novamente o ensaio não obteve resultado esperando fazendo com que o tempo do ensaio aumentasse para cinco minutos por mais três vezes que ainda não resultaram na estabilidade de percolação do solo. Com um tempo de espera de dez minutos prorrogado por mais três vezes, obteve-se uma infiltração maior que as primeiras porém ainda variável.

Repetindo o ensaio com um tempo de espera de quinze minutos por cinco vezes os resultados de infiltração foram iguais. Conseqüentemente a velocidade de infiltração fora constante tendo com isso concluído o ensaio e adquirindo os dados necessários a continuidade do trabalho.

Figura 7 – Preparação do solo para ensaio



Fonte: Autores, 2017.

Figura 8 – Preparação do solo para ensaio



Fonte: Autores, 2017.

Figura 9 – Instalação dos Anéis para realização do ensaio



Fonte: Autores, 2017.

Figura 10 – Preenchimento dos anéis com água



Fonte: Autores, 2017.

Figura 11-Aferição das medidas na régua



Fonte: Autores, 2017.

Figura 12 – Aferição das medidas na régua



Fonte: Autores, 2017.

Após a execução do ensaio tem-se os resultados e a esperada velocidade de infiltração, que é o objetivo de tal ensaio, pode-se ver na tabela 3 a seguir os resultados:

Tabela 3 – Resultados do ensaio do infiltrômetro de duplo anel.

DT (min.)	Acumulado (min.)	Leitura (cm)	Diferença (cm)	Acumulado (cm)	Real (cm)	Velocidade de infiltração (cm/h)
2	2	16,1	0,6	0,6	13,9	18
2	4	16,5	0,4	1,2	13,9	12
2	6	16,8	0,3	1,6	13,5	9
4	10	17,4	0,6	1,9	13,2	9
4	14	15,7	0,5	2,5	12,6	7,5
4	18	16,3	0,6	3	14,3	9
5	23	16,8	0,5	3,6	13,7	6
5	28	17,3	0,5	4,1	13,2	6
5	33	17,7	0,4	4,6	12,7	4,8
10	43	18,6	0,9	5	12,3	5,4
10	53	14	0,9	5,9	11,4	5,4
10	63	15	1	6,8	16	6
15	78	15,8	0,8	7,8	15	3,2
15	93	16,6	0,8	8,6	14,2	3,2
15	108	17,4	0,8	9,4	13,4	3,2
15	123	18,2	0,8	10,2	12,6	3,2
15	138	19	0,8	11	11,8	3,2

Fonte: Autores, 2017

Após a verificação dos resultados acima expostos, chegou-se a uma velocidade de infiltração de 3,2 cm/h, sendo este o valor a ser utilizado nos cálculos do volume do poço de recarga.

3.2 DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA E DE ARMAZENAMENTO

Intensidade Pluviométrica – Para se calcular a intensidade de chuva na região, utiliza-se da seguinte fórmula abaixo:

$$I = \frac{B2 * (T_r)^{0,14710}}{(t + c)^b} \quad (10)$$

I – Intensidade da chuva em mm/min

T_r – Tempo de retorno em anos

t – Tempo de duração da chuva em minutos

$B2, c, b$ – Parâmetros locais definidos através de tabela.

A fórmula demonstrada acima é padrão, podendo ser utilizada em qualquer localidade do país, com o Tempo de retorno acima de 8 anos, substitui-se os parâmetros locais para adequar a fórmula á realidade da cidade de Anápolis-Go, obten-se a seguinte fórmula:

$$I = \frac{48,1167 * (T_r)^{0,14710}}{(t + 20,910)^{0,92278}}$$

$$I = 170 \text{ mm/h}$$

Para os Parâmetros “B2”, ”c” e “b” para cálculo da intensidade de chuva “I” – Existem variações entre os parâmetros de região para região, onde uma simples mudança pode alterar completamente a fórmula de intensidade de chuva, por isso utiliza-se os valores para a cidade de Anápolis-GO obtidos na tabela a seguir;

Tabela 4 – Valores de “B2”, ”c” e “b” para as cidades de Goiás.

Estação	UF	Coordenadas		Parâmetros Locais		
		Latitude	Longitude	b	c	B2
Abadiânia	GO	16°12’	48°42’	0,89751	18,861	41,5834
Acreúna	GO	17°24’	50°23’	0,88687	19,308	40,6477
Água Limpa	GO	18°04’	48°46’	0,87513	18,306	37,9011
Alexânia	GO	16°05’	48°30’	0,88559	17,799	38/,683
Almas	GO	11°34’	47°10’	0,88634	22,624	43,4121
Alto Garças	GO	16°56’	53°32’	0,884964	15,9	38,4811
Alto Paraíso de Goiás	GO	14°07’	47°30’	0,9036	20,611	45,1561
Alvorada	GO	12°28’	49°07’	0,89545	21,248	44,1665
Alvorada do Norte	GO	14°24’	46°36’	0,971938	29,7	70,774
Americano do Brasil	GO	16°15’	49°59’	0,8959	20,255	42,6154
Anápolis	GO	16°19’	48°57’	0,92278	20,91	48,1167

Fonte: Prefeitura Municipal de Anápolis, 2016.

a) Área de Contribuição – A área de contribuição teve seu valor encontrado com o auxílio do software AutoCad, obtendo o resultado de:

$$A = 130,230 \text{ mm}^2$$

b) Declividade da Calha – Seguindo orientações do Autor Tucci (1995) adotou-se a declividade de $0,005 \text{ m/m}$

c) Declividade do Condutor Horizontal – Seguindo orientações do autor Tucci (1995) adotou-se declividade de $0,010 \text{ m/m}$

d) Dimensionamento da Calha – Com o dimensionamento da calha foi obtida uma seção retangular de $150 \times 71 \text{ mm}$

e) Dimensionamento do Condutor Vertical – Obteve-se uma quantidade de 1,09 tubos de 75mm.

Tabela 5- Valores do coeficiente de rugosidade da fórmula de Manning

Natureza das Paredes	Condições			
	Muito Boas	Boas	Regulares	Más
Alvenaria de pedra seca	0,025	0,033	0,033	0,035
Alvenaria de pedra aparelhada	0,013	0,014	0,015	0,017
Calhas metálicas lisas (semicirculares)	0,011	0,012	0,013	0,015
Idem, corrugadas	0,023	0,025	0,028	0,030

Fonte: Tucci e Porto (1995).

- Dados de cálculo:

$$Q = I \cdot \frac{A}{60} \quad (11)$$

$$Q = 170 \cdot \frac{130,230}{60}$$

$$Q = 369,9 \text{ L/min}$$

I - Intensidade Pluviométrica (mm/h)

A - Área de Contribuição (mm²)

Q - Vazão de Projeto (L/min)

-Dimensionamento da Calha:

Aplicando 'Manning-Strickler':

$$Q = \frac{K \cdot S \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot I^{0,5}}{n} \quad (12)$$

K = 60000

S = Área da seção molhada em (m²)

R_h = Raio Hidráulico em (m)

I = Declividade da calha em (m/m)

n = Coeficiente de rugosidade

Q = Vazão de projeto em (L/min)

-Dimensionamento do Condutor Vertical:

$$x = \frac{Q}{Q_u} \quad (13)$$

x = Quantidade de tubos necessários

Q = Vazão de projeto em (L/min)

Q_u = Vazão de 1 tubo

-Dimensionamento do Condutor Horizontal:

Aplicando 'Manning-Strickler' para altura de 2/3 da seção circular, é obtido o diâmetro = 110mm

-Dimensionamento do Reservatório de aproveitamento de águas pluviais:

Utilizando o método do professor Azevedo Neto, para calcular o volume aproveitável de água.

$$V = 0,042 \cdot P \cdot A \cdot T \quad (14)$$

$$V = 0,042 \cdot 1441 \cdot 130 \cdot 230 \cdot 1$$

$$V = 7.881,78L$$

$$V = 7,9m^3$$

V= Volume aproveitável de água

P= Precipitação média anual

A= Área de captação em m²

T= Tempo de estiagem ou meses com pouca chuva

-Cálculo do poço de recargas:

$$V = 0,2 \cdot A_t \cdot C \cdot T \quad (15)$$

$$V = 0,2 \cdot 200 \cdot 0,032 \cdot 1$$

$$V = 1,28m^3$$

Onde:

V= Volume total do reservatório em m³

A_t= Área total do terreno em m²

C= Constante, adotado 0,032 m/h

T= Tempo de duração, considerado 1h

Altura do poço:

$$v = \pi \cdot R^2 \cdot h \quad (16)$$

$$1,28 = \pi \cdot 0,55^2 \cdot h$$

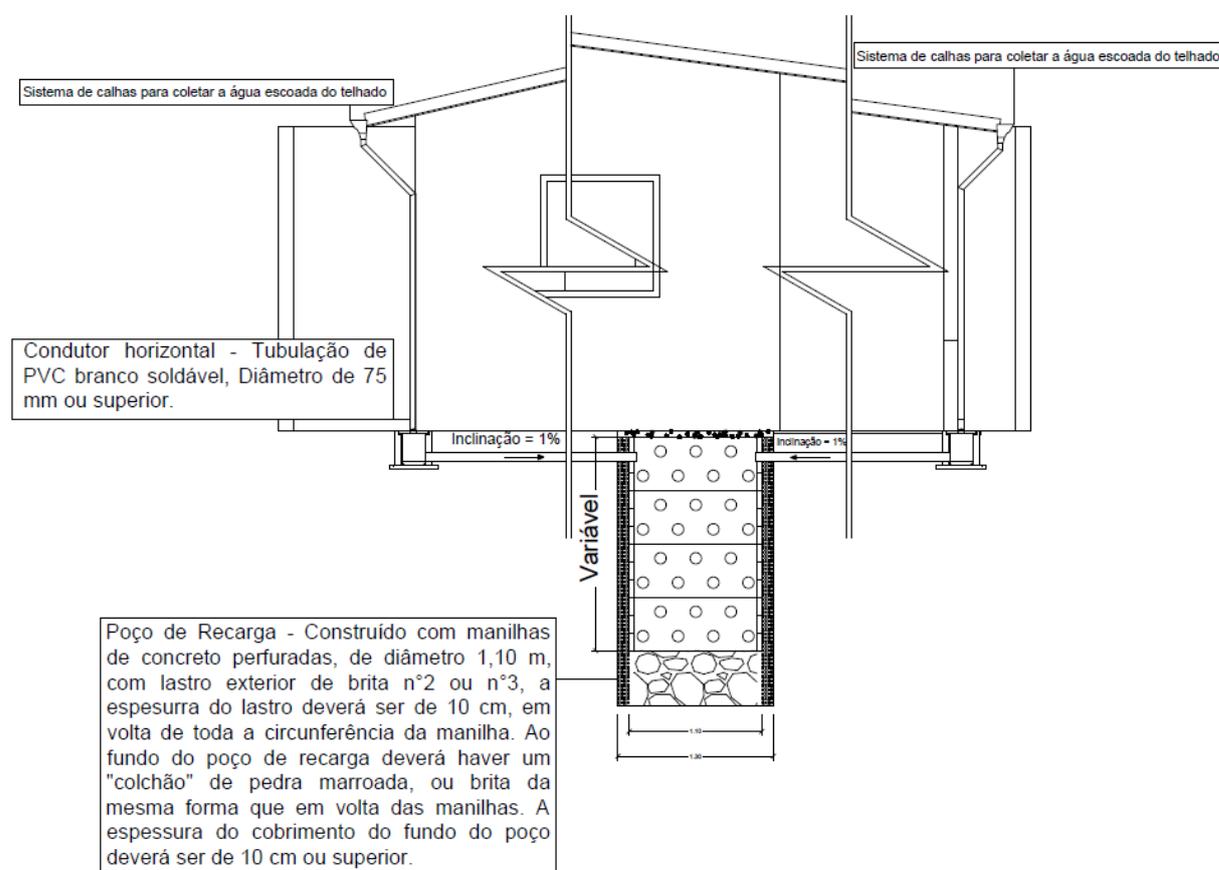
$$\frac{1,28}{\pi \cdot 0,55^2} = h$$

$$h = 1,35$$

$$h = 1,35 \cong 1,50m$$

O modelo proposto para o trabalho consiste não só em um poço de recarga comum, mas também em um reservatório para reuso das águas de chuva, o projeto para o mesmo é armazenar uma capacidade de água suficiente para suprir as necessidades da residência, o intuito é desonerar a rede de coleta pública e prover benefício dessa ação. Abaixo pode-se observar, na Figura 13, um exemplo de utilização de poço de recarga de forma comum em residência:

Figura 13 – Esquema de utilização comum de poço de recarga em residência



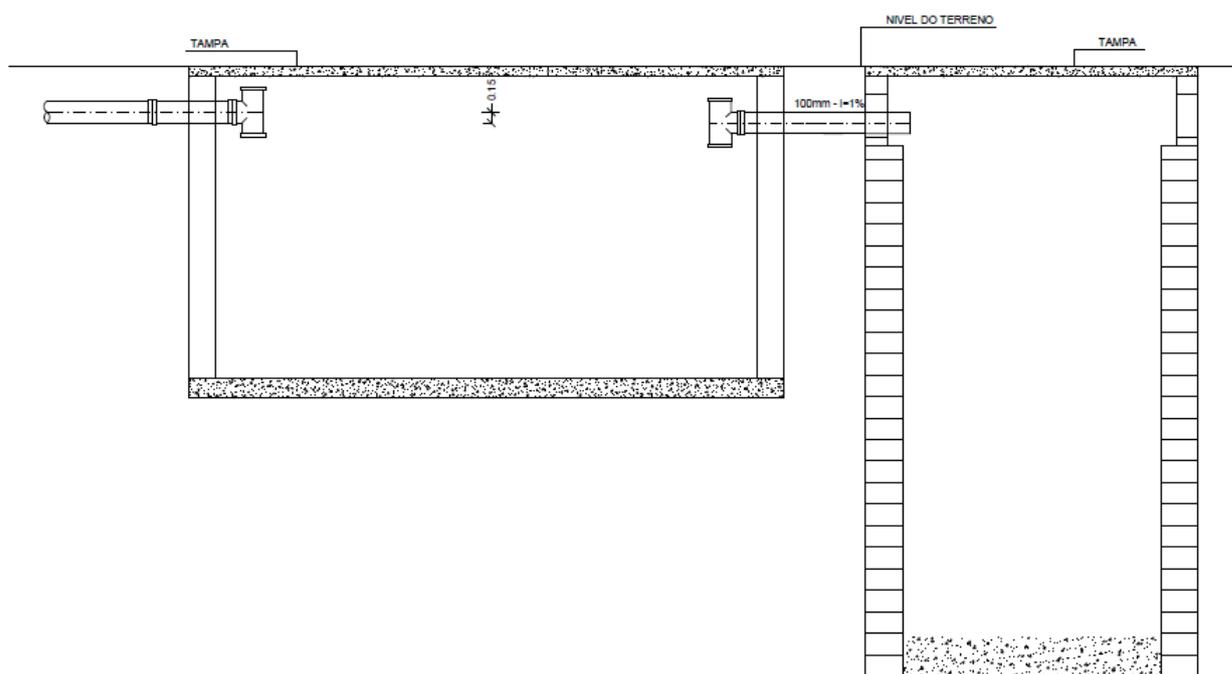
Fonte: Autores, 2017.

Para o dimensionamento acima, e para a proposta do projeto, tem-se a alteração da destinação da água captada no telhado, após sua captação o destino não será mais um poço de recarga comum, e sim um reservatório para reuso. Apenas a água rejeitada pelo sistema de aproveitamento, e o sobressalente ao volume do reservatório de aproveitamento serão direcionados ao poço de recarga. Isso vai fazer com que a residência possa fazer bom uso de praticamente toda água captada em seu telhado, levando em conta que o que não for aproveitado, não se destinará a via pública como em outros sistemas e sim a poço de recarga o que fará com que o sistema público não seja sobrecarregado. É

sempre importante lembrar que embora haja capacidade para retenção de enormes volumes de água no local, há ainda a necessidade de conexão do sistema com a via pública, levando em conta a imprevisibilidade da natureza onde há sempre a chance de um evento de proporções não mensuráveis acontecer e sobrecarregar o sistema.

Para exemplificar o exposto acima, tem-se nas Figuras 14 E 15 abaixo esquemas demonstrando como funcionaria o sistema.

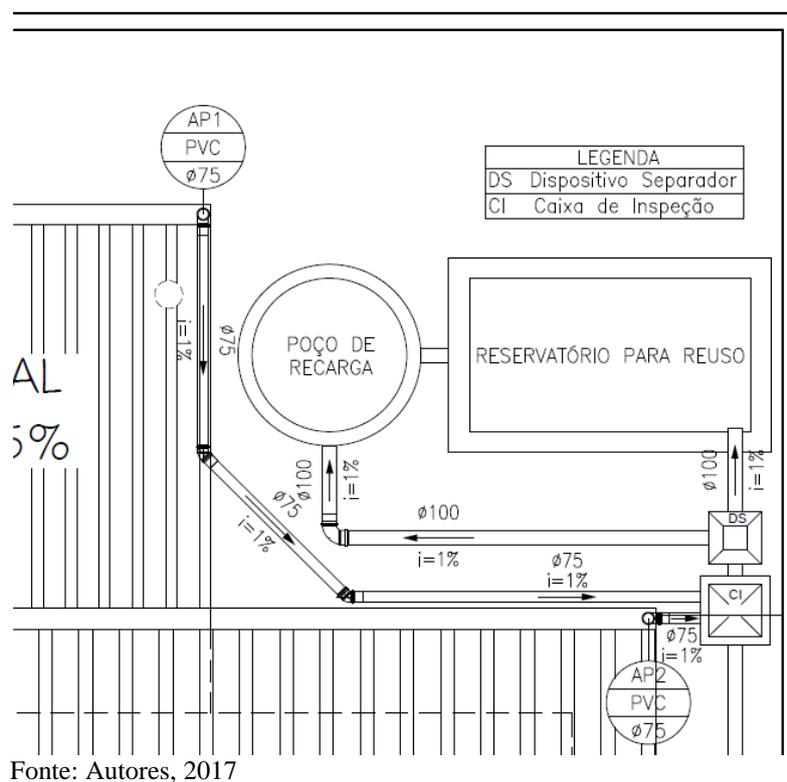
Figura 14– Esquema de utilização de reservatório de reuso antes do poço de recarga, em corte



Fonte: Autores, 2017.

Pode-se notar na figura 14, acima, a diferença de nível entre a saída da tubulação e a entrada, isso ocorre para impedir o retorno de água pela tubulação de entrada. Na Figura 15, abaixo, pode-se perceber o dispositivo separador, indicado pela abreviação “DS”, tal dispositivo tem como função impedir que as primeiras chuvas, que limpam o telhado e a calha, e carregam detritos e sujeira, cheguem ao reservatório de reuso. O mesmo troca a destinação dessa água imprópria e a manda para o poço de recarga, garantindo o máximo de aproveitamento, porém com segurança para os moradores da residência.

Figura 15- Esquema de utilização de reservatório de reuso antes do poço de recarga em planta



3.3 ORÇAMENTO PARA EXECUÇÃO DO POÇO DE RECARGA

Para determinação de qual método construtivo seria mais viável para execução do poço de recarga utilizou-se do fator econômico como determinante, levando em conta que em questões técnicas ambos os métodos são equiparáveis nos âmbitos de resistência e durabilidade. Para tal, foram tomados dados de 5 fornecedores diferentes, no mês de novembro/2017 na cidade de Anápolis/GO, como pode-se notar na Tabela 6.

Tabela 6-Fornecedores e valores para os materiais de execução

Material	Fornecedores				
	A	B	C	D	E
Areia	160	115	120	-	-
Brita 1	160	110	150	-	-
Cimento	19,50	23	-	-	-
Manilha Furada 1,10 m	-	-	-	45	45
Manilha Inteira 1,10 m	-	-	-	45	45
Tijolo Furado	820	500	390	-	-
Tijolo Maciço	400	300	300	-	-

Fonte: Autores, 2017

Método construtivo I:

Perfuração do solo, com auxílio de ferramentas manuais e executada de acordo com projeto prévio, com dimensões de 1,30 m de diâmetro, e profundidade de 1,60 m. Após a perfuração uma camada de 10 cm de brita 01 será depositada ao fundo do poço, e em seguida serão acrescentadas manilhas de cimento perfuradas em suas paredes, com 1,10 m de diâmetro, para configurar a estrutura do poço. A medida que as manilhas são dispostas, uma camada externa de brita 01 é acrescentada ao redor da mesma, de modo que ao final na disposição da estrutura, toda a circunferência do poço esteja protegida por uma camada de 10 cm de brita 01.

Para o método construtivo acima mencionado tem-se o seguinte quantitativo de materiais, levando em conta também, a mão de obra que precisará ser empregada para realização da tarefa, pode-se observar todas essas informações na Tabela 7.

Tabela 7-Materiais necessários para execução do método I

Materiais	Unidade	Dimensões	Quantidade
Brita	m ³	01	0,72 m ³
Manilha	unid.	Ø 1,10 m	3 unid.
Cimento	Sc	50 Kg	0,2 sc
Areia	Lata	fina	4
Mão de obra	Pedreiro + Servente	Diária	3

Fonte: Autores, 2017.

Após o levantamento de quais materiais seriam necessários, foi efetuado um levantamento econômico para viabilizar ou não a utilização do método, como tem-se na Tabela 8.

Tabela 8-Levantamento comercial para execução do poço método I

Material	Preço unitário	Preço Total
Brita	R\$ 135,00	R\$ 97,20
Manilha	R\$ 45,00	R\$ 135,00
Cimento	R\$ 24,50	R\$ 4,90
Areia	R\$ 5,00	R\$ 20,00
Mão de Obra	R\$ 200,00	R\$ 400,00
Total:		R\$ 857,10

Fonte: Autores, 2017.

Método construtivo II:

Perfuração do solo, com dimensões de 1,30 m de diâmetro, e profundidade de 1,60 m. Após a perfuração paredes em formato circular serão erguidas desde a base até a superfície do furo, formando uma parede circular com diâmetro externo de 1,10m . Os tijolos com dimensão de 19x19x9 cm, e 8 furos, serão assentados sobre argamassa com 1 cm de espessura, sem revestimento. Os tijolos devem ser assentados de forma que os furos no mesmo deem vazão da água do interior do furo para a camada externa. A camada externa às paredes deverá ser constituída por um lastro de brita 01 com 10 cm de espessura, de forma semelhante ao fundo do poço também deverá haver uma camada de brita 01 com espessura de 10 cm.

Para o método construtivo acima mencionado tem-se o seguinte quantitativo de materiais, de acordo com a Tabela 9.

Tabela 9-Materiais necessários para execução do método II

Materiais	Unidade	Dimensões	Quantidade
Brita	m ³	01	0,72 m ³
Tijolo	unid.	19x19x9 cm	260 unid.
Cimento	sc	50 Kg	1,05 sc
Areia	lata	m ³	0,22 m ³
Mão de obra	Pedreiro+Servente	Diária	4

Fonte: Autores, 2017.

Após o levantamento de quais materiais seriam necessários, foi efetuado um levantamento econômico para viabilizar ou não a utilização do método, como tem-se na Tabela 10.

Tabela 10 - Levantamento comercial para execução do poço método II

Material	Preço unitário	Preço Total
Brita	R\$ 135,00	R\$ 97,20
Tijolo	R\$ 00,39	R\$ 101,40
Cimento	R\$ 24,50	R\$ 25,72
Areia	R\$ 115,00	R\$ 25,30
Mão de Obra	R\$ 200,00	R\$ 800,00
Total:		R\$ 1.049,62

Fonte: Autores, 2017.

Os dois métodos construtivos apresentam bons desempenhos, a vantagem econômica de cada método vai variar de acordo com a cidade e estado, onde será executado o poço de recarga.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após as pesquisas no presente trabalho, chegou-se à conclusão de que cada dia mais se fazem necessárias medidas para combater os problemas constantes de enchentes, inundações e outros problemas urbanos que são mais aparentes nos períodos chuvosos, o uso de poços de recargas nas residências comuns pode ser de grande ajuda nesse quesito, pois o mesmo é um método construtivo simples, de fácil aplicação no mercado e de baixo custo financeiro.

Entretanto, além dos poços de recarga convencionais pode-se utilizar também um reservatório com função de aproveitar as águas pluviais para aprimorar o funcionamento do sistema, levando em conta que praticamente toda a água precipitada no telhado da residência iria ser aproveitada ou destinada corretamente a recarga do lençol freático sem prejuízo a rede pública diminuindo assim as conseqüentes enchentes, alagamentos e outros problemas vividos nas cidades nos períodos chuvosos que chegam a gerar até mesmo prejuízos materiais.

Assim, as edificações se tornariam locais perfeitos para retenção e infiltração desses grandes volumes de água no solo, o que viria a acabar impedindo a sobrecarga da rede pública de esgoto e evitando, conseqüentemente, os problemas citados anteriormente provenientes do excesso de água das chuvas que não percolada totalmente devido a cobertura do solo e não é comportado pelas galerias das cidades.

Um fator que chama a atenção dos projetistas quando se trata de implantar soluções como essa em residências, é a falta de conscientização e informação da população o que acaba por dificultar esse processo. Há a necessidade de uma maior política de conscientização por parte dos órgãos governamentais, para que a população se sinta confiante e informada para aderir a tais medidas.

Do ponto de vista econômico, pode-se concluir que a construção de um poço utilizando manilhas possui um custo menor que o poço construído com tijolos de medida 19x19x9cm devido a fatores como materiais e mão de obra pois o mesmo demanda menos materiais e menor tempo de execução com isso, percebe-se que o valor final da confecção de um poço de recargas associado a um reservatório não influencia em grande parte do custo final da construção de um imóvel.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Érico. **Economia de água nas lavouras pode chegar a 70%**. Ceasa Compras, 2015. Disponível em: <<http://ceasacompras.blogspot.com.br/2015/05/economia-de-agua-nas-lavouras-pode.html>>. Acesso em: 03/11/2017.

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

BOAVENTURA, Danilo. **Rompimento de adutora provoca vazamento assustador de água em obra de viaduto da Av. Brasil**. Portal 6. Anápolis, 2016. Disponível em: <<http://portal6.com.br/2016/06/10/adutora-rompe-e-agua-jorra-em-obra-do-viaduto-da-avenida-brasil-em-anapolis/>>. Acesso em: 01/10/2017.

FUJITA, Gabriela. **Praça de Anápolis tem chafariz e fica em frente à prefeitura**. Uol, 2012. Disponível em: <<http://fotos.noticias.bol.uol.com.br/eleicoes/2012/09/05/em-anapolis-go-cidade-natal-de-cachoeira-politicos-reclamam-da-falta-de-dinheiro-em-campanha.htm#fotoNav=2>>. Acesso em: 03/11/2017.

LEI ESTADUAL N.º 12526 – **Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais**. São Paulo, 2007.

LEI MUNICIPAL N.º 10785 - **Cria no município de Curitiba, o programa de conservação e uso racional da água nas edificações - PURAE**. Paraná, 2003.

MACEDO, Jorge Antônio Barros de. **Águas & Águas**. Belo Horizonte - MG, 2007.

MIELI, José Carlos de Almeida. **Reuso de Água Domiciliar**. Niterói-RJ, 2001.

PENSAMENTO VERDE. **Reaproveitamento de Água da Chuva: Ideias e Soluções**. Pensamento Verde: Arquitetura Verde. Curitiba, 2013. Disponível em: <<http://www.pensamentoverde.com.br/arquitetura-verde/reaproveitamento-de-agua-da-chuva-ideias-e-solucoes/>>. Acesso em: 01/10/2017.

PORTAL 6. **Chuva deixa região central de Anápolis inundada**. Portal 6. Anápolis, 2015. Disponível em: <<http://portal6.com.br/2015/11/26/chuva-deixa-regiao-central-de-anapolis-inundada/>>. Acesso em: 03/11/2017.

PREFEITURA DE ANÁPOLIS. **Primeira etapa das obras do Jonas Duarte está em ritmo acelerado e ficam prontas até o final deste mês**. Anápolis, 2016. Disponível em: <<http://anapolis.go.gov.br/portal/multimidia/noticias/ver/primeira-etapa-das-obras-do-jonas-duarte-estapo-em-ritmo-acelerado-e-ficam-prontas-atac-o-final-deste-mas>>. Acesso em: 03/11/2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ANÁPOLIS. **Plano Direto de Anápolis**. Anápolis-GO, 2016.

SNATURAL. **Principais produtos.** Disponível em: <<http://www.snatural.com.br/captacao-agua-chuva/cisterna-instalacao/>>. Acesso em: 03/11/2017.

TOMAZ, Plínio. **Curso de Manejo de Águas Pluviais.** Capítulo 5 – Microdrenagem. S/L, 2003.

TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. **Drenagem Urbana.** 1 ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.

WELLE, Deutsche. **Para especialistas, causas da seca vão além do desmatamento na Amazônia.** Carta Capital. São Paulo, 2014. Disponível em: <<https://www.cartacapital.com.br/sustentabilidade/para-especialistas-causas-da-seca-vao-alem-do-desmatamento-na-amazonia-2901.html>>. Acesso em: 01/10/2017.