

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL

ARTUR SCHERVIER DE HEBERSON
ISABELA ARAÚJO MARCÓRIO
RAFAEL ZANELATI RIBEIRO

**ESTUDO DE METODOLOGIAS DE
DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA**

GOIÂNIA

2009

ARTUR SCHERVIER DE HEBERSON
ISABELA ARAÚJO MARCÓRIO
RAFAEL ZANELATI RIBEIRO

**ESTUDO DE METODOLOGIAS DE
DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA**

Projeto final apresentado à Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Área de Concentração: Construção Civil – Sistemas Prediais

Orientador: Prof. Msc. Ricardo Prado Abreu Reis

GOIÂNIA

2009

ARTUR SCHERVIER DE HEBERSON
ISABELA ARAÚJO MARCÓRIO
RAFAEL ZANELATI RIBEIRO

**ESTUDO DE METODOLOGIAS DE
DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.**

Trabalho apresentado à Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás como requisito da disciplina de Trabalho de Final de curso, para obtenção do grau de Bacharel, aprovada em 23 de dezembro de 2009, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. MSc. Ricardo Prado Abreu Reis

Orientador

Prof. MSc. Saulo Bruno Silveira e Souza

Examinador Interno

Prof. MSc. Heber Martins de Paula

Examinador Externo

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABELAS	7
RESUMO	8
1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 O APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	13
2.2 CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL NO BRASIL	15
2.3 CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL EM GOIÂNIA	17
2.4 USO FINAL DA ÁGUA	18
2.5 PRECIPITAÇÃO	20
2.6 RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL	23
2.6.1 Métodos de Dimensionamento	25
2.6.1.1 Método de Rippl	26
2.6.1.2 Método Azevedo Neto	27
2.6.1.3 Método Prático Alemão	28
2.6.1.4 Programa Computacional Netuno	29
3 METODOLOGIA	32
4 RESULTADOS OBTIDOS	33
4.1 MÉTODO DE RIPPL	33
4.2 MÉTODO AZEVEDO NETO	38
4.3 MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO	39

4.4 SIMULAÇÃO PARA MÁXIMA EFICIÊNCIA	41
5 CONCLUSÃO	43
6 BIBLIOGRAFIA	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição percentual da área territorial, disponibilidade hídrica e população nas cinco regiões brasileiras para o ano 2000 (GHISI, 2006a). _____	10
Figura 2 - Evolução do consumo anual de água em Goiânia de 1995 a 2007 (Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, 2007). _____	17
Figura 3 - Histórico do consumo per capita de água em Goiânia de 2001 a 2007 (Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento, 2007). _____	18
Figura 4 - Distribuição do consumo de água nas residências de São Paulo (Uso racional da água – USP, 1995). _____	19
Figura 5 - Perfil de consumo de água em residências de Goiânia (OLIVEIRA, 2006). _____	20
Figura 6 - Precipitação anual média no Brasil no período de 1961 a 1990 (ANA, 2007). _____	21
Figura 7 - Precipitação média anual de Goiânia de 1980 a 1998 (ANA, 2001). _____	22
Figura 8 - Precipitação média mensal em Goiânia de 1980 a 1998 (ANA, 2001). _____	23
Figura 9 - Cobertura da edificação de estudo. _____	32
Figura 10 - Simulação do volume calculado pelo método Rippl feita através do Programa Netuno. _____	37
Figura 11 - Simulação do volume calculado pelo método Azevedo Neto feita através do Programa Netuno. _____	39
Figura 12 - Simulação do volume calculado pelo método Prático Alemão feita através do Programa Netuno. _____	41
Figura 13 - Simulação do volume máximo pelo Netuno _____	42

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1 - Volume de água pluvial, demanda de água potável e potencial de economia de água potável nas cinco regiões brasileiras (GHISI, 2006a). _____ 15
- Quadro 2 - Níveis de atendimento com água potável dos prestadores de serviços participantes do SNIS em 2007, segundo a região geográfica. (SNIS, 2007) _____ 15
- Quadro 3 - Valores do consumo médio *per capita* de água dos prestadores de serviços participantes do SNIS em 2007, segundo estado e região geográfica (SNIS, 2007) _____ 16

RESUMO

Sabendo-se que a água é um recurso limitado e cada vez mais escasso, estudos a respeito de economia e de fontes alternativas vêm sendo realizados. Com isso o presente trabalho apresenta métodos científicos de dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis. A partir destes dimensionamentos foi realizado, através do programa computacional Netuno, um estudo comparativo entre os métodos de dimensionamento abordados, dos quais foram utilizados o Método de Rippl, o Método de Azevedo Neto e o Método Prático Alemão. Primeiramente foram levantados dados relevantes, tais como precipitação na região metropolitana de Goiânia, características do consumo de água potável da população, assim como o uso em cada equipamento da residência e sua possível substituição por água pluvial, foram levantados informações a respeito do tipo de cobertura e eficiência do sistema de captação e armazenamento da água pluvial. Com os volumes para os reservatórios calculados foram feitas simulações e obtidos dados sobre suas respectivas eficiências.

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos mais importantes constituintes do meio ambiente e um recurso natural essencial para a sobrevivência da vida na Terra. Além de ser insubstituível, a água ocupa cerca de 75% da superfície da Terra, sendo que 97,5% dessa água é salgada, situada nos oceanos e mares, e apenas 2,5% é água doce. Desses 2,5%, apenas 0,26% é disponível para o consumo humano. (ANA, 2005).

Durante anos, o homem usufruiu dos recursos naturais desenfreadamente, sem se preocupar com suas disponibilidades e, portanto, com suas renovações. Isso se deve ao fato do crescimento populacional, o que acarreta no aumento da demanda da água devido ao uso com higiene pessoal e irrigação de alimentos para abastecimento dessa população. A irrigação é responsável por quase metade da produção mundial de alimentos, que atinge 5,5 bilhões de toneladas, e representa 70% do consumo de água total.

Isso tudo aliado com a industrialização, onde a tecnologia influencia nos atos mais simples do cotidiano, faz com que a sociedade fique cada vez mais atenta às novidades tecnológicas, as quais muitas vezes proporcionam um uso desequilibrado dos recursos naturais (ZOLET, 2005).

Com tudo isso, ainda há a má distribuição populacional na Terra, contrastando com a disponibilidade dos recursos hídricos e com a área territorial (GHISI, 2004 *apud* FERREIRA, 2005).

O Brasil, por exemplo, possui 12% das reservas mundiais, podendo chegar a 18% quando se considera vazões provenientes de territórios estrangeiros que afluem ao país. Como a população brasileira representa 2,8% da população mundial, vislumbra-se uma situação de abundância hídrica no país (ROCHA, 2009).

Entretanto, conforme indicado na Figura 1, mesmo que a reserva no Brasil seja abundante, ocorre uma disparidade entre população, área territorial e disponibilidade hídrica. Ghisi (2006a) afirma que os locais onde se encontram os maiores índices de disponibilidade hídrica contam com uma pequena porcentagem da população total, em oposição aos locais mais populosos, que possuem os menores índices de disponibilidade hídrica. A região norte, por exemplo, que engloba a bacia amazônica, detém 69% da água do país, e abriga somente 8% da população. Desta forma, os 92% restantes da população

dispõe de apenas 31% dos recursos hídricos disponíveis. (GHISI, 2006a *apud* ROCHA, 2009).

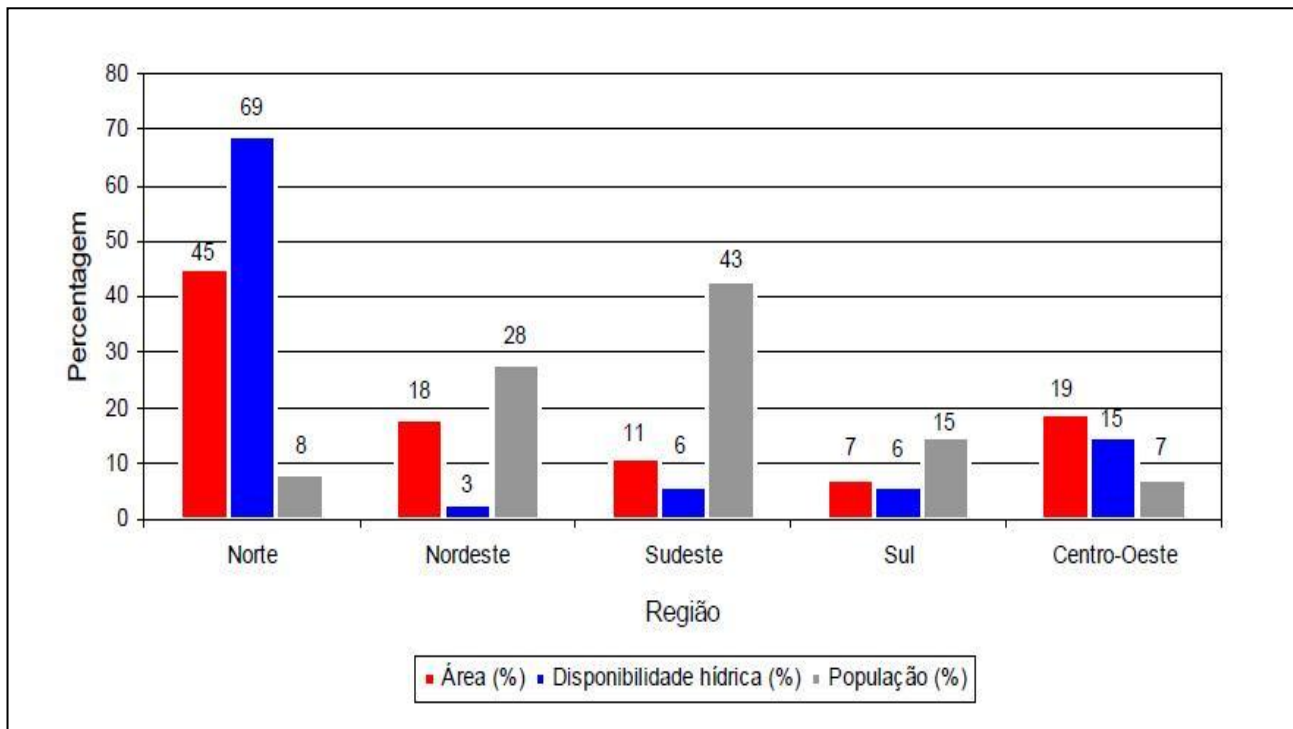


Figura 1. Distribuição percentual da área territorial, disponibilidade hídrica e população nas cinco regiões brasileiras para o ano 2000.

Fonte: GHISI (2006a).

Toda a água existente no planeta está em constante movimento, evaporando-se e retornando à superfície da Terra sob forma de neve, precipitação ou granizo. Embora este ciclo hidrológico faça da água um recurso renovável, sua oferta não cresce para suprir a demanda, o que faz da água um recurso esgotável. A utilização e a distribuição desta água não é a mesma que a de 50 anos atrás, uma vez que além do crescimento populacional e da industrialização, conta-se ainda com a poluição cada vez maior dos mananciais e também o desperdício, tornando a questão da disponibilidade da água mais preocupante ainda. De acordo com WHO (2003), mais de 1 bilhão de pessoas no mundo ainda não possuem disponibilidade de água tratada para higiene pessoal e alimentação, o que demonstra a imensidão do problema, fato que na maioria das vezes não é de conhecimento da população mundial.

Desta maneira, faz-se necessário a busca por novas relações entre o homem e a água, onde a conscientização das pessoas se torna essencial para minorar os desperdícios e promover o uso racional de água, bem como propostas de aproveitamento, reuso e reciclagem desta água.

Nesta situação, a utilização da água e os sistemas de captação de água pluvial surgem como um meio de conservação da água e como alternativa para enfrentar a carência do recurso (GOLDENFUM, 2005).

Além de reduzir o consumo de água potável, o aproveitamento de água de chuva é uma medida que não causa impactos ambientais consideráveis. Existem relatos de potenciais de economia de água potável significativos, e também experiências de uso de água pluvial em diferentes tipos de edificações, em diversos países. (ROCHA, 2009).

O dimensionamento do reservatório de armazenamento de água de chuva é um fator essencial para a implantação do sistema, visto que este influencia diretamente nos custos de implantação do sistema de aproveitamento dessa água (COELHO FILHO, 2005; FEWKES; BUTLER, 1999; HERNANDES et al., 2004; MAY; PRADO, 2004). Porém, o dimensionamento do reservatório para armazenamento de água pluvial é pouco abordado, e em alguns casos, utiliza-se métodos inadequados de dimensionamento ou adota-se o volume do reservatório sem nenhum critério.

Juntamente com dados de dimensionamento obtidos por variados métodos, pode-se, portanto, avaliar esses valores através de simulações computacionais utilizando o algoritmo Netuno. O programa Netuno foi desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina para estimar o potencial de economia de água potável, para um ou mais volumes de reservatório, quando há o aproveitamento de água pluvial em edificações residenciais.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é comparar alguns métodos de dimensionamento de sistema de armazenamento de água pluvial propostos pela norma NBR – 15527 2007 (Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis –

Requisitos) através da avaliação feita pelo programa computacional Netuno 2.1 desenvolvido pelo professor PhD Eneir Ghisi e sua equipe da UFSC.

Para o desenvolvimento deste trabalho foi definido como objetivos específicos os seguintes pontos:

- Apresentar os métodos teóricos de dimensionamento de reservatório de água pluvial para sistemas de aproveitamento de água de chuva conforme NBR 15527 (2007);
- Realizar um estudo comparativo com os métodos teóricos;
- Verificar a viabilidade da utilização e operação de cada método de dimensionamento da NBR 15527 avaliado pelo programa Netuno.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para este estudo serão necessárias as análises das características de cada fator que influi no sistema de coleta e armazenagem de água de chuva, tais como consumo de água potável da população local, os usos dessa água na residência e as informações sobre as chuvas na região. Para isto, estes temas serão abordados nos itens a seguir.

2.1 O APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

A utilização de água de chuva visa principalmente reduzir o consumo de água potável gerando economia para o usuário e preservando os recursos hídricos do planeta.

O baixo impacto ambiental, água com qualidade aceitável para vários fins com pouco ou nenhum tratamento, complementação do sistema convencional e reserva de água para situações de emergência ou interrupção do abastecimento público são algumas vantagens da utilização da água da chuva (SIMIONI et al. 2004).

A água da chuva é uma água limpa e praticamente livre de impurezas em sua origem, mas em contato com as superfícies das coberturas pode ocorrer a sua contaminação. De acordo com Goldenfum (2006), a água da chuva pode fornecer água limpa e confiável, desde que os sistemas de coleta sejam construídos e mantidos de forma adequada e a água seja tratada apropriadamente, conforme o uso previsto. Para usos menos exigentes, uma simples filtração e desinfecção podem trazer os indicadores de qualidade para níveis adequados.

A água de chuva pode ser utilizada em várias atividades com fins não potáveis no setor residencial, industrial e agrícola. No setor residencial, pode-se utilizar água de chuva em descargas de vasos sanitários, lavação de roupas, sistemas de controle de incêndio, lavagem de automóveis, lavagem de pisos e irrigação de jardins. (MAY e PRADO, 2004).

O sistema de aproveitamento de água pluvial consiste basicamente na captação da água que cai sobre as coberturas, sendo conduzida até o reservatório inferior, passando por equipamentos de filtração e descarte de impurezas e bombeada a um reservatório elevado de onde é distribuída por tubulações especiais até os pontos de consumo. (MARINOSKI, 2007).

Segundo Marinoski (2007), a viabilidade da implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial depende essencialmente dos seguintes fatores: precipitação, área de captação e demanda de água. Ou seja, do clima e da população local.

Segundo Tomaz (1998), há indícios de que a humanidade sempre usou água de chuva, seja para preservação dos seus mananciais ou simplesmente para obter água para o próprio consumo.

Em muitos países da Europa, a captação de água pluvial é muito incentivada devido ao grande número de residências e empresas (FERREIRA, 2005).

No Brasil, até meados dos anos de 1980 existiam poucos estudos e pesquisas a respeito de sistemas de aproveitamento de água pluvial. Hoje há diversos estudos sobre potencial de economia de água potável obtido pela utilização de água pluvial e, também, a respeito do dimensionamento de reservatórios por meio do programa Netuno.

A viabilidade da implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial depende essencialmente dos seguintes fatores: precipitação, área de captação e demanda de água. Além disso, para projetar tal sistema devem-se levar em conta as condições ambientais locais, clima, fatores econômicos, finalidade e usos da água, buscando não uniformizar as soluções técnicas.

Atualmente há diversos sistemas de aproveitamento de água pluvial já em operação, em fase de implantação ou ainda em estudos. Como exemplos de alguns desses sistemas tem-se:

- Segundo Thomaz (1993), em Guarulhos, estado de São Paulo, uma indústria de tingimento de tecidos utiliza água de chuva, captada através de um telhado de 1.500 m² e armazenada em reservatório subterrâneo de 370 m³.

- Outro exemplo ocorre em um hotel na cidade de Blumenau, localizada no estado de Santa Catarina, em que o sistema de aproveitamento de água pluvial foi instalado, para uma área de captação de 569,50 m². E o volume do reservatório de armazenamento de água de chuva utilizado é de 16.000 litros, estimando-se a economia anual de água potável em torno de 684.000 litros (BELLA CALHA, 2007 *apud* MARINOSKI, 2007).

O potencial de economia de água potável alcançado, através da utilização de um sistema de aproveitamento de água pluvial foi estimado por Ghisi (2006a) nas diferentes

regiões brasileiras. E verificou-se que o potencial de economia poderia variar de 48% na região sudeste a 100% na região norte, conforme mostra o Quadro 1.

Quadro 1. Volume de água pluvial, demanda de água potável e potencial de economia de água potável nas cinco regiões brasileiras.

REGIÃO	VOLUME DE ÁGUA PLUVIAL (m ³ per capita/ano)	DEMANDA DE ÁGUA POTÁVEL		POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL (%)
		Litros/per capita/dia	m ³ /per capita/ano	
Norte	38,42	88,00	32,12	100,00
Nordeste	21,46	97,00	35,41	61,00
Sudeste	27,95	158,00	57,67	48,00
Sul	35,00	117,00	42,71	82,00
Centro-Oeste	32,61	120,00	43,80	74,00

Fonte: Ghisi (2006a)

2.2 CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL NO BRASIL

É divulgado anualmente informações e indicadores sobre os serviços de água e esgoto do Brasil, pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Os dados são obtidos dos próprios prestadores de serviços e os indicadores calculados com base nestes dados. De acordo com o diagnóstico dos serviços de água e esgoto elaborado pelo SNIS (2007), 80,9% da população total e 94,2% da população urbana são abastecidos com água potável como mostra o Quadro 2. Neste mesmo ano foi verificado um consumo médio *per capita* de 149,6 L/hab.dia como mostra o Quadro 3 (SNIS, 2007).

Quadro 2. Níveis de atendimento com água potável dos prestadores de serviços participantes do SNIS em 2007, segundo a região geográfica.

REGIÕES	ÍNDICE DE ATENDIMENTO (%)	
	ÁGUA	
	TOTAL	URBANO
Norte	52,90	64,20
Nordeste	68,70	90,10
Sudeste	90,90	98,20
Sul	86,20	99,50
Centro-Oeste	97,70	98,30
Brasil	80,90	94,20

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (2007).

Quadro 3. Valores do consumo médio *per capita* de água dos prestadores de serviços participantes do SNIS em 2007, segundo estado e região geográfica.

ESTADOS / REGIÕES	(l/hab.dia)
Acre	118,70
Amazonas	133,30
Amapá	156,70
Pará	151,40
Rondônia	94,00
Roraima	154,70
Tocantins	118,20
NORTE	134,10
Alagoas	89,70
Bahia	122,10
Ceará	151,80
Maranhão	115,40
Paraíba	98,00
Pernambuco	85,10
Piauí	103,50
Rio Grande do Norte	126,80
Sergipe	119,10
NORDESTE	114,80
Espírito Santo	192,40
Minas Gerais	142,50
Rio de Janeiro	205,80
São Paulo	175,00
SUDESTE	173,80
Paraná	127,00
Rio Grande do Sul	143,70
Santa Catarina	134,00
SUL	134,90
Distrito Federal	182,90
Goiás	127,10
Mato Grosso do Sul	122,40
Mato Grosso	165,40
CENTRO-OESTE	145,20
BRASIL	149,60

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (2007).

No Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2007 (Parte 1–visão geral da prestação de serviços) do SNIS (2007) há uma observação sobre a qualidade dos dados sobre a população, apresentando casos de inconsistência nas relações entre população total, urbana e atendida. Tais dados são fornecidos pelas próprias prestadoras de serviços, no entanto, como regra do SNIS, a população total dos municípios corresponde à estimativa publicada pelo IBGE para o ano de referência da amostra. Para obter a população urbana utilizam a taxa de urbanização do Censo 2000 do IBGE de cada município. Assim a

população urbana é o produto da população total estimada para o ano de referência da amostra pela taxa de urbanização do ano 2000.

2.3 CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL EM GOIÂNIA

O gráfico da Figura 2 mostra a evolução do consumo anual de água potável (1000 m³/ano) na cidade Goiânia de 1995 a 2007 de acordo com dados fornecidos pela SANEAGO (Saneamento de Goiás S/A) ao SNIS (2007).

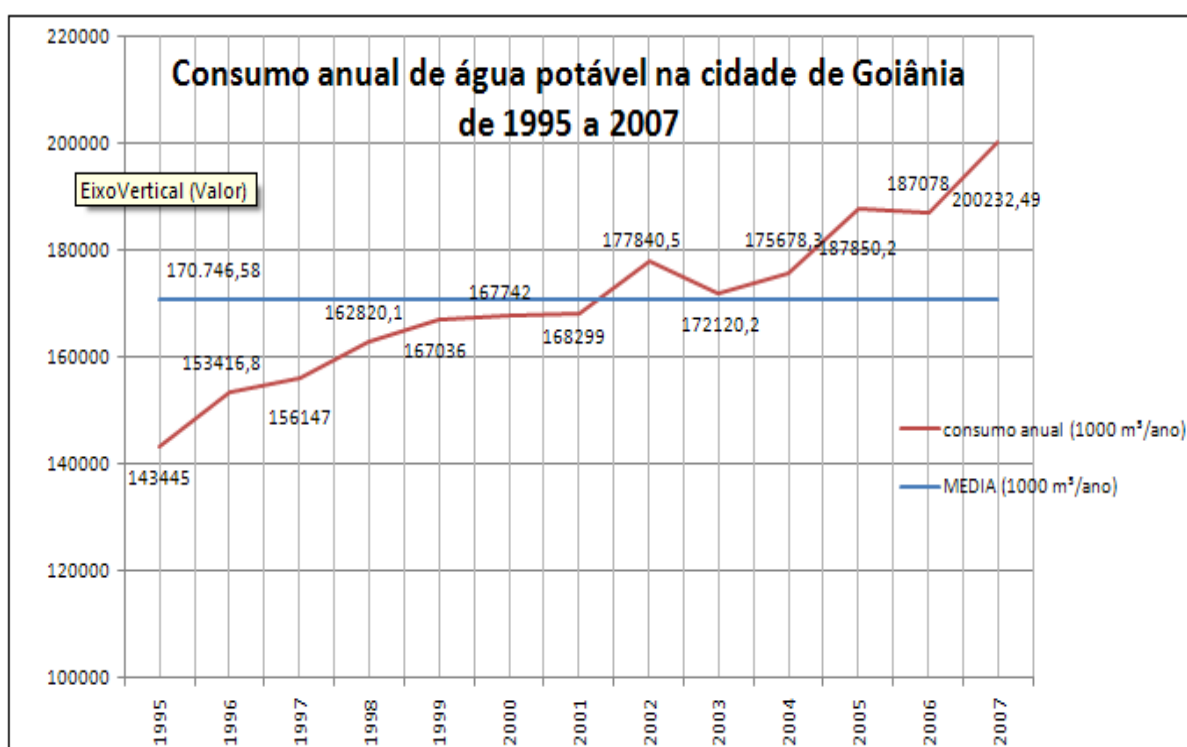


Figura 2. Evolução do consumo anual de água em Goiânia de 1995 a 2007.

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (2007).

O gráfico da Figura 3 mostra o consumo *per capita* (l/hab. dia.) de água potável na cidade de Goiânia no período de 2001 a 2007 de acordo com os dados do SNIS (2007). Estes dados são de suma importância para este trabalho, pois mostram o perfil de consumo dos usuários do sistema dimensionado, tendo em vista que os estudos são realizados com base em uma edificação hipotética situada em Goiânia.

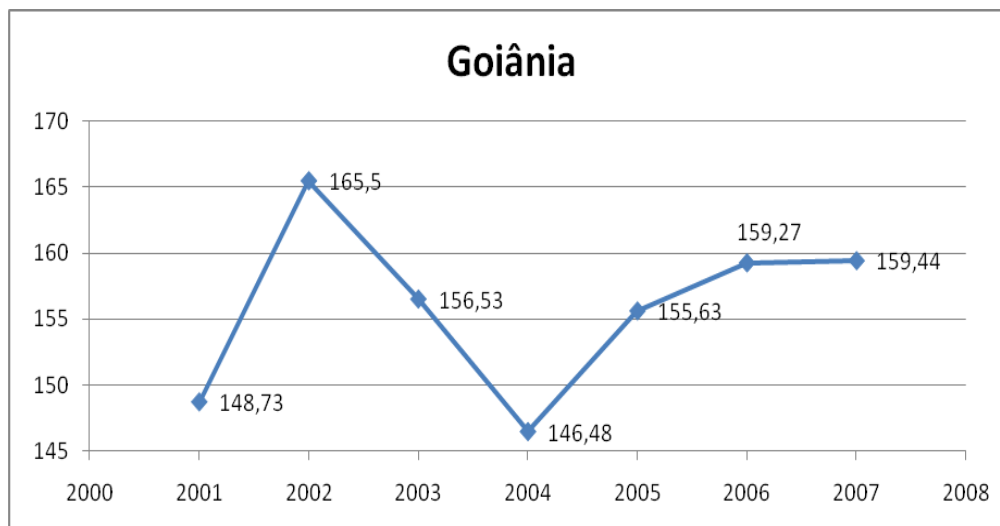


Figura 3. Histórico do consumo per capita de água em Goiânia de 2001 a 2007.

Fonte: Base de dados do SNIS (2007).

De acordo com este gráfico da Figura 3 o consumo médio *per capita* de água potável em Goiânia é de aproximadamente de 156 l/hab. dia. Lembrando que estes dados se referem ao consumo urbano em geral, não diferenciando consumo residencial dos consumos comerciais, industriais e público.

2.4 USO FINAL DA ÁGUA

Diante da problemática do crescimento populacional desenfreado juntamente com a escassez de água potável, as companhias de abastecimento de água enfrentam grandes dificuldades no fornecimento de água de qualidade. Assim, mecanismos de controle dos usos indevidos da água potável devem ser tomados, tais como o uso racional de água tratada através da conscientização, levando à minimização dos desperdícios, e a substituição de água tratada por água de chuva para fins não potáveis. Essa alternativa ameniza não somente os problemas de escassez de água como também os impactos causados pelas chuvas em áreas de grande urbanização, tais como enchentes e erosões (FENDRICH, 2002).

Segundo Terpstra (1999), o uso da água dentro de uma residência pode ser separado em quatro categorias: higiene pessoal, descarga em banheiros, consumo e limpeza.

Em duas destas categorias, higiene pessoal e consumo, há necessidade de obediência aos padrões de potabilidade segundo Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, porém nas

outras duas restantes pode ser usada água de menor qualidade de acordo com o objetivo do estudo. Neste trabalho será considerada a utilização da água de chuva captada apenas nos pontos de descarga em bacias sanitárias e nas torneiras que servirão para rega de jardim e limpeza em geral.

Para o cálculo do reservatório é extremamente necessário obter estes dados sobre o uso para cada fim na residência, pois representará a fração do consumo total dos habitantes da residência que terá que ser armazenada.

Dados sobre o uso final da água variam muito de acordo com local de estudo, nível econômico e quantidade de moradores das residências.

A Figura 4 mostra a distribuição do consumo de água em residências de São Paulo.

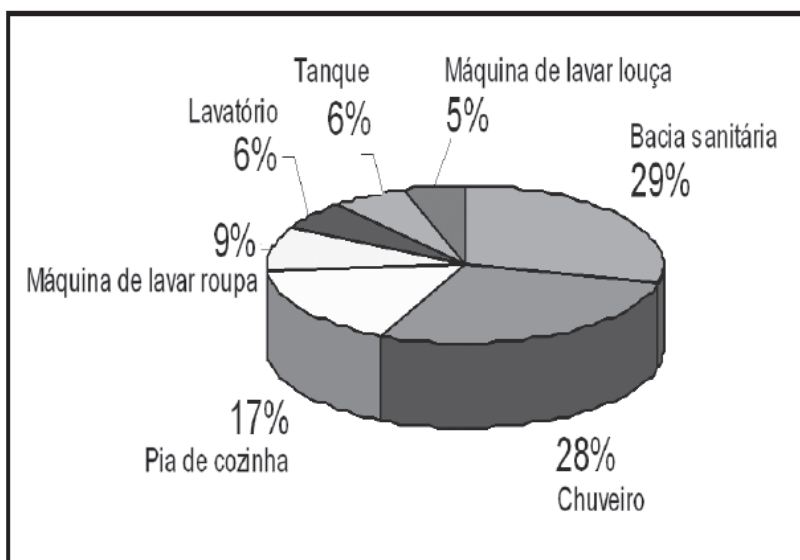


Figura 4. Distribuição do consumo de água nas residências de São Paulo.

Fonte: Ricardo Franci Gonçalves *et al* – Uso racional da água em edificações - PROSAB (2006) *apud* Uso racional da água - USP (1995).

O perfil de consumo na cidade de Goiânia é apresentado na Figura 5, de acordo com um estudo sobre consumo de água em residências na cidade feito por Oliveira (2006).

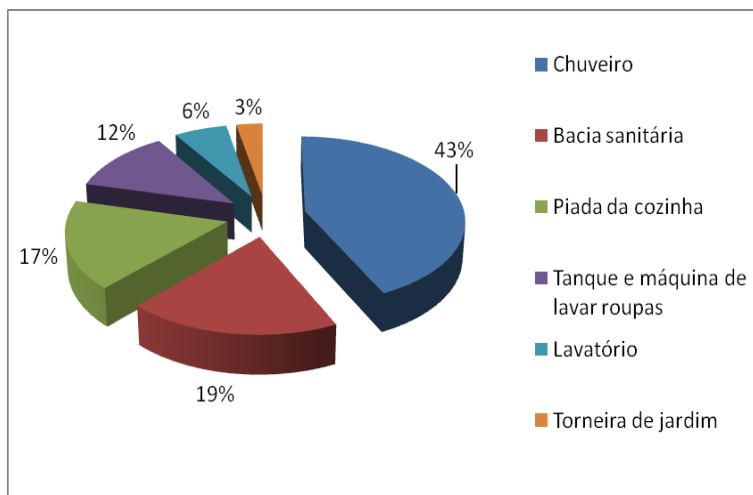


Figura 5: Perfil de consumo de água em residências de Goiânia.

Fonte: OLIVEIRA (2005).

Através destas duas pesquisas pode se verificar a variação do perfil de consumo de acordo a localidade. As maiores diferenças estão entre os consumos nos pontos do chuveiro e da bacia sanitária já que os outros são praticamente iguais.

2.5 PRECIPITAÇÃO

Como já mencionado, as características das chuvas influem diretamente no sistema, principalmente nas dimensões do reservatório. Quanto mais bem distribuída são as chuvas na região, melhor será a eficiência do sistema. Ou seja, ter uma média de chuva anual alta não representa uma eficiência alta, o mais importante é verificar Constancia das chuvas.

A distribuição da precipitação pluviométrica e a quantidade de chuva precipitada são de extrema importância no dimensionamento do reservatório de armazenagem de água de chuva. Quanto mais homogêneas forem as chuvas, menor será o volume do reservatório. Reservatório de volume pequeno possui vantagens como a fácil integração com a estrutura da edificação, o menor custo de implantação e a retenção da água por pouco tempo no reservatório de armazenamento. (FEWKES; BUTLER, 1999).

A maioria dos métodos de dimensionamento de reservatórios para fins de aproveitamento de água pluvial considera, separadamente ou em conjunto, a duração de períodos chuvosos, de períodos secos e a quantidade da precipitação pluviométrica ao longo de séries históricas. Os dados de entrada utilizados nas análises são baseados em intervalos de tempo horário, diário ou mensal, em função de sua disponibilidade e do processo de cálculo de cada método. (ROCHA, 2009).

A figura 6 mostra a precipitação média anual no Brasil no período de 1961 a 1990 de acordo com dados da Agencia Nacional de Águas (ANA) de 2007.

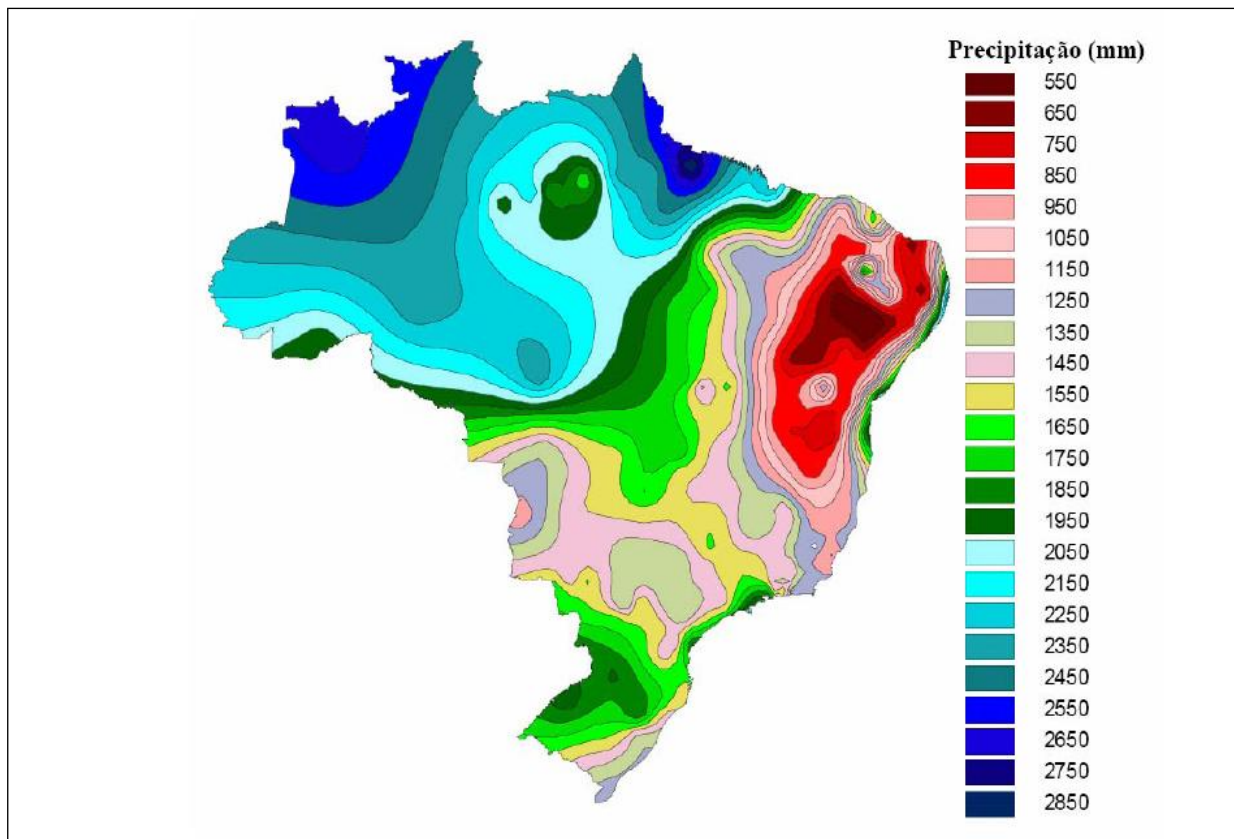


Figura 6. Precipitação anual média no Brasil no período de 1961 a 1990.

Fonte: ANA (2007).

O gráfico da figura 7 apresenta as precipitações médias anuais na cidade de Goiânia no período de 1980 a 1998, com base em dados históricos da estação meteorológica n° 1649013 do rio Meia Ponte operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (ANA, 2001).

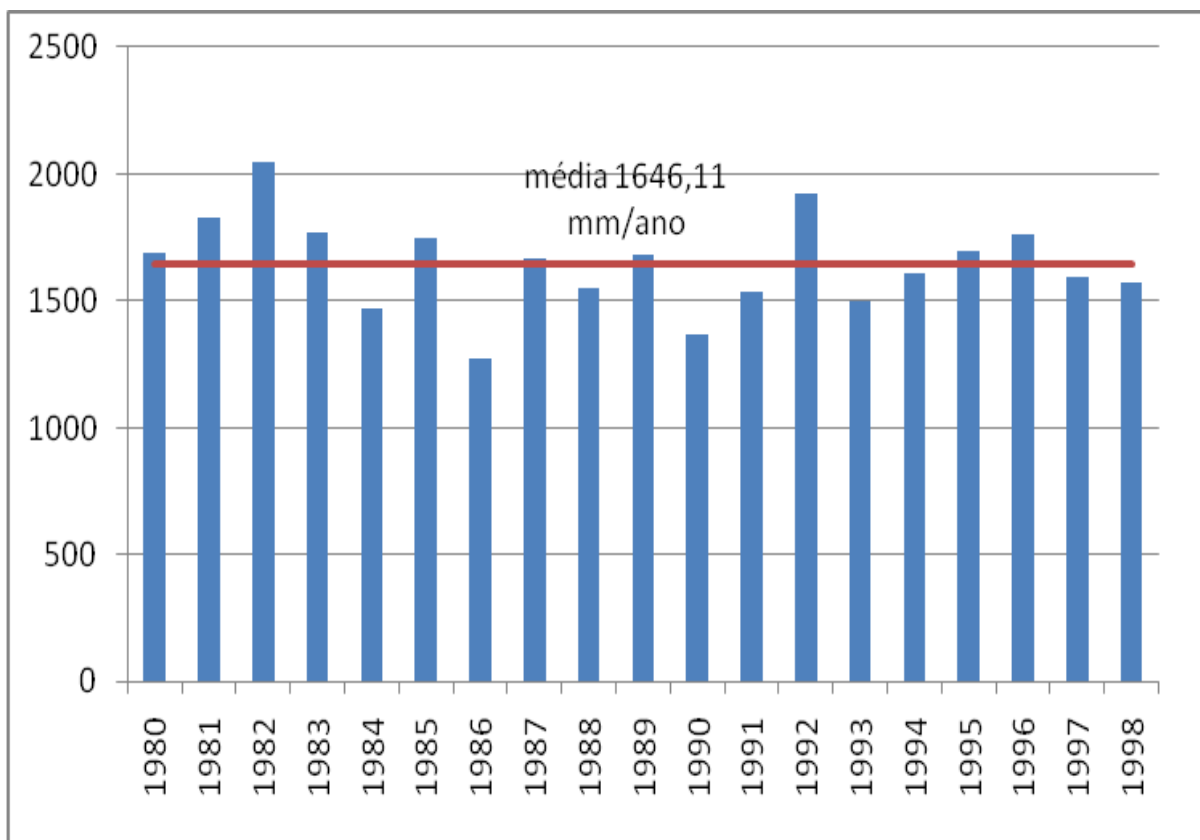


Figura 7. Precipitação média anual de Goiânia de 1980 a 1998.

Fonte: ANA (2001).

De acordo com estes dados se obtém uma precipitação anual média para Goiânia de 1646,11 mm/ano.

O gráfico da Figura 8 mostra as médias mensais de Goiânia para o mesmo período de 1980 a 1998 de acordo com os dados da mesma fonte do gráfico anterior. Neste gráfico, constata-se uma situação preocupante quanto ao dimensionamento do reservatório, que é o período de cerca de cinco meses, compreendido de maio a setembro, em que há uma redução drástica na quantidade de chuva na região. Isto mostra uma desomogeinização das chuvas na cidade de Goiânia que poderá ocasionar falhas na oferta de água em sistemas com suprimento exclusivo de água de chuva e levando ao aumento das dimensões do reservatório, o que dificulta a viabilidade do sistema e conseqüente potencial de economia.

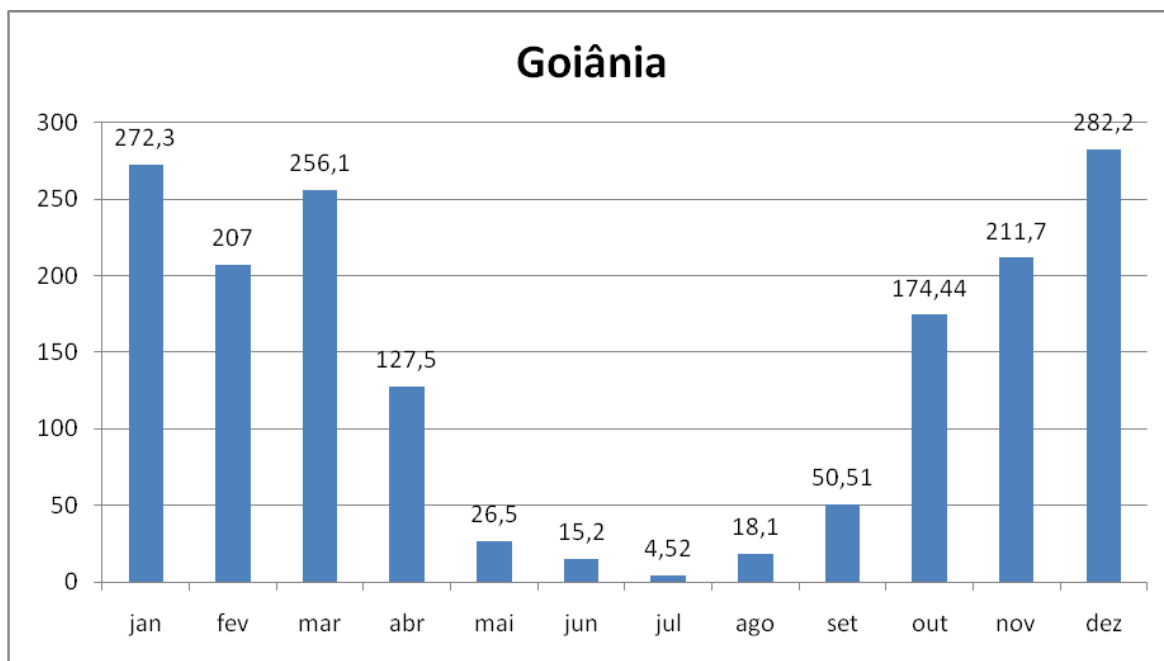


Figura 8. Precipitação média mensal em Goiânia de 1980 a 1998.
Fonte: ANA (2001).

2.6 RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL

A armazenagem da água da chuva deve ser feita em reservatórios que além de garantir um padrão de qualidade, evitem possíveis problemas de contaminação e estanqueidade. Esses tanques de armazenagem podem ser construídos com diversos tipos de materiais, como concreto, aço, madeira, fibra de vidro, polietileno, etc., dependendo do uso, capacidade, custos, etc. (FERREIRA, 2005).

O dimensionamento do reservatório depende primeiramente da quantidade de água potável que será substituída por água pluvial. Além disso, outras variáveis são essenciais para o cálculo do volume do reservatório, como a precipitação pluviométrica local, a área de captação, o número de moradores da edificação e demandas de água potável e pluvial (GHISI, 2006b), além dos coeficientes de perdas que consideram o desperdício no descarte para limpeza, filtragem e captação.

Para a definição do volume de água pluvial que realmente será aproveitado é necessário considerar perdas que ocorrem no processo de captação e reservação da água. Tais processos podem ocorrer quando: a água a ser captada entra em contato com a área de captação, seja por evaporação ou por absorção, intensidade que irá variar em função da

região e do tipo de material utilizado na cobertura. Outro fator preponderante é o volume de água que deve ser descartado no início de cada precipitação, para que ocorra a retirada de matéria orgânica ou resíduos sólidos, tal procedimento é denominado como *First Flush*. Tais fatores reduzem o volume de água aproveitável e por isso é necessário calcular um coeficiente redutor para o volume aproveitado, tal coeficiente é calculado através da Equação (2.1) (ABNT, 2007) a seguir:

$$V_{ap} = P \times A \times C_p \quad (2.1)$$

Onde:

V_{ap} - volume aproveitável de água pluvial no intervalo de tempo considerado (litros);

P - precipitação pluviométrica da localidade no intervalo de tempo considerado (mm = litros/m²);

A - área de captação (m²);

C_p - coeficiente de aproveitamento de água pluvial (adimensional).

Nesta equação, o coeficiente de aproveitamento de água pluvial pode ser definido em função do coeficiente de escoamento superficial da área de captação (conhecido como coeficiente de runoff). O coeficiente de escoamento superficial é calculado em função do material da área de captação e da eficiência do sistema de captação, como indica a equação (2.2) (ABNT, 2007).

$$C_p = C \times \eta_{fc} \quad (2.2)$$

Onde:

C_p - coeficiente de aproveitamento de água pluvial (adimensional);

C - coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

η_{fc} - eficiência do sistema de captação, levando-se em conta o descarte dos dispositivos instalados no sistema e o desvio de escoamento inicial (adimensional).

O coeficiente de escoamento superficial pode variar não só de acordo com o material que é utilizado na cobertura, mas também de acordo com as considerações que são

realizadas por alguns autores, quanto ao valor utilizado. Autores como Haught e Wyckoff (2009) consideram para a telha cerâmica um coeficiente de 0,60, outros autores como Frasier (1975) consideram um coeficiente para um mesmo tipo de cobertura de 0,80 a 0,90. Mas em muitas vezes o coeficiente de escoamento superficial é simplesmente adotado, utilizando 0,80 a 0,90, sem considerar o tipo de material utilizado na cobertura ou mesmo o tipo de dimensionamento a ser adotado.

Neste estudo a água potável da bacia hidro-sanitária e da torneira de jardim serão substituídos pela água captada e reservada no sistema de aproveitamento de água pluvial, cada um com equipamento hidro-sanitário possui um consumo médio de 19% e 2% respectivamente, totalizando 22% de água potável a ser substituída. E o coeficiente de aproveitamento adotado foi de 0,70.

2.6.1 Métodos de Dimensionamento

Para o sistema de captação de água pluvial, o reservatório não pode permanecer ocioso por um longo período, como também não pode provocar desperdício da água armazenada. O dimensionamento pode variar de acordo com cada região, em função da variação dos dados pluviométricos e também dos objetivos finais de implantação do sistema (AMORIM; PEREIRA, 2008).

A NBR 15527 (2007) que trata de sistemas e requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis apresenta seis diferentes métodos para o dimensionamento do reservatório para armazenamento e aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis. No entanto, serão apresentados três destes métodos, considerados os mais utilizados, e o programa computacional Netuno para simulação dos resultados destes três métodos.

De acordo com o volume obtido no dimensionamento, o sistema pode ser utilizado para atender à demanda local por alguns dias, meses ou até por todo o ano. É importante saber que um reservatório para esse sistema não pode permanecer por um longo período ocioso e seu dimensionamento pode variar de região para região, em função dos objetivos finais de implantação do sistema e principalmente em função da variação dos dados pluviométricos.

A partir de uma estimativa obtida através da determinação do consumo mensal de água pluvial nos aparelhos que passarão a utilizá-la após implantação do sistema nos fornecera a demanda de água pluvial desta edificação. Esta estimativa pode ser obtida basicamente a partir das médias de frequência e tempo de uso da água e das vazões em cada um. A multiplicação dessas médias pela vazão e pelo número de usuários resulta no valor do consumo de água em cada aparelho sanitário.

2.6.1.1 Método de Rippl

Método também conhecido como Diagrama de Massas, é o método mais utilizado, especialmente por sua fácil aplicação. Entretanto, há várias críticas sobre sua utilização principalmente por esse método ser desenvolvido, a princípio, para grandes reservatórios, o que acarretaria numa superestimativa do volume a ser reservado (CAMPOS *et al.* 2007).

O método determina o volume com base na área de captação e na precipitação registrada, considerando que toda a água precipitada não seja totalmente armazenada, correlacionando tal volume ao consumo mensal da edificação, que pode ser constante ou variável. Quanto menor o intervalo nos dados pluviométricos, maior será a precisão no dimensionamento, sendo a utilização de dados diários suficientes. Devido à ausência de dados, utilizam-se valores mensais, também apresentando resultados satisfatórios (CAMPOS, 2004).

Existem duas maneiras de se verificar o volume calculado por este método: graficamente ou analiticamente, para demanda constante ou variável do reservatório. O método gráfico não é mais utilizado, sendo o método analítico o método abordado neste estudo. É um método de cálculo de volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante durante o período mais crítico de estiagem observado.

O método de Rippl só se aplica quando o volume total demandado num determinado período é menor ou igual ao volume captado neste período, suprimindo assim 100% da demanda de água pluvial durante a estiagem. Caso contrário, os valores do volume total demandado e do volume total captado são igualados, calculando-se, portanto, um novo percentual de suprimento da demanda para o período de estiagem (ROCHA, 2006).

O período de coleta dos dados da pluviometria local é de extrema importância para a precisão no dimensionamento, pois, quanto mais prolongado o período analisado, mais eficiente é o dimensionamento. O volume do reservatório é calculado pela diferença entre a demanda ou consumo e volume de chuva aproveitável, como indicado na Equação (2.3):

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (2.3)$$

Onde:

$S(t)$ - volume de água no reservatório no tempo t ;

$Q(t)$ - é o volume de chuva aproveitável no tempo t ;

D - demanda ou consumo no tempo t .

O volume de chuva aproveitável no tempo t é calculado através da Equação (2.4).

$$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva (t)} \times \text{área de captação} \quad (2.4)$$

C - coeficiente de escoamento superficial.

A Equação (2.5) finaliza o cálculo do volume do reservatório, sendo este valor o somatório dos volumes de água no reservatório no tempo t .

$$V = \sum S(t), \text{ somente para valores } S(t) > 0 \quad (2.5)$$

Sendo que: $\sum D(t) < \sum Q(t)$

V - volume do reservatório.

2.6.1.2 Método Azevedo Neto

Neste método é empregada a Equação (2.6) para o dimensionamento do reservatório do sistema para aproveitamento e armazenamento da água da chuva para fins não potáveis (ABNT, 2007).

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (2.6)$$

Onde:

P - valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

T - valor do número de meses de pouca chuva ou seca;

A - valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

V - valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

2.6.1.3 Método Prático Alemão

Os métodos práticos são considerados por muitos autores como inadequados, porque generalizam uma série de grandezas de elevada variabilidade, como a precipitação pluviométrica e as demandas de água potável e pluvial (Rocha, 2009).

Trata-se de um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório: 6 % do volume anual de consumo ou 6 % do volume anual de precipitação aproveitável (ABNT, 2007) (Equação (2.7):

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

$$\text{Vadotado} = \text{mín. (V; D)} \times 0,06 \quad (2.7)$$

Onde:

V - valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em litros (L);

D - valor numérico da demanda anual da água não potável, expresso em litros (L);

V adotado - valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

2.6.1.4 Programa Computacional Netuno

O programa NETUNO 2.1 foi desenvolvido pelo professor EneDir Ghisi, PhD da Universidade de Santa Catarina, com ajuda de programação de Marcelo Marcel Cordova, acadêmico do curso de Engenharia Elétrica da UFSC e validado pelo eng. Vinícius Luiz Rocha em seu trabalho de mestrado pela UFSC, sob a orientação do prof. Ghisi, em 2009.

O programa tem por objetivo determinar o potencial de economia de água tratada através do aproveitamento de água pluvial para usos onde a água não precisa ser tratada, tais como descarga de bacias sanitárias, limpeza de pisos, rega de jardim, lavagem de carros.

Informação sobre precipitação é muito importante, pois fornece as características do local de estudo. A série deve estar em base diária, pois a simulação do balanço é feita diariamente.

A área de captação de água pluvial é representada pela projeção horizontal da cobertura da edificação. Este dado é fundamental para verificar o potencial de economia de água potável que cada tipo de edificação pode atingir, pois mesmo que a precipitação do local seja elevada, o volume de água pluvial captado será reduzido se a área de captação for pequena.

A demanda diária de água potável *per capita* corresponde ao volume de água potável fornecido pela concessionária para cada ocupante da edificação. Pode ser definida como fixa ou variável.

O número de moradores é utilizado para calcular a demanda diária total de água potável para cada caso.

Com a porcentagem de água potável a ser substituída por pluvial é possível calcular a demanda diária de água pluvial. Este dado é definido a partir de estudos do uso final da água em edificações e representa a porcentagem de água potável que pode ser substituída por água pluvial na edificação.

O coeficiente de aproveitamento é utilizado para representar o volume aproveitável de água pluvial após o desvio de escoamento inicial para descarte de folhas e detritos e,

também, as perdas por absorção e evaporação da água pluvial ao atingir a superfície de captação.

O programa Netuno possibilita a entrada do valor do reservatório superior para três casos distintos:

- 1) Volume igual à demanda diária de água pluvial, de acordo com a equação (2.8).

$$VR_{sup} = P_{sub} \times D \cdot n \quad (2.8)$$

Onde:

VR_{sup} é o volume do reservatório superior.

P_{sub} é a porcentagem de substituição.

D é a demanda de água potável per capita.

n é o número de moradores.

Obs. O cálculo do volume do reservatório superior desta maneira não é disponível em caso de demanda variável.

- 2) Entrar com o volume desejado.
- 3) Sem reservatório superior.

Para o reservatório inferior são feitas duas considerações.

- 1) Cálculo para um reservatório:

Entrar com um valor de volume de reservatório para verificar o potencial de economia de água potável, o volume extravasado por ano e os percentuais de atendimento completo, parcial ou nulo da demanda de água pluvial.

- 2) Cálculo para diversos reservatórios.

Determina-se um intervalo de análise de volumes de reservatórios. Para isso, deve-se inserir o volume máximo que se deseja analisar, assim como o intervalo entre cada volume simulado. Desta forma, o programa Netuno calcula o potencial de economia de água potável para cada volume desse intervalo de análise e mostra os resultados em forma gráfica.

Para a simulação de diversos reservatórios, existe a possibilidade de se determinar o volume ideal do reservatório inferior. O critério usado para tal cálculo consiste em

comparar o potencial de economia obtido para volumes de reservatórios adjacentes. Considera-se então, como volume ideal, aquele cujo acréscimo no potencial de economia do volume subsequente é igual ou inferior ao intervalo entre potenciais de economia de água potável adotado.

3 METODOLOGIA

Inicialmente realizou-se um estudo a respeito dos sistemas de aproveitamento de água pluvial para a obtenção de um maior conhecimento a respeito do funcionamento e concepção do mesmo.

Também foram levantados os parâmetros locais, tais como área de cobertura, índice pluviométrico, perfil de consumo e material a ser utilizado na cobertura da edificação. Para o estudo comparativo entre os métodos de dimensionamentos dos reservatórios de sistema de aproveitamento de água de chuva, foi proposto uma edificação fictícia, unifamiliar situada na área metropolitana de Goiânia com área de captação de 92,23 m², a fim de simular seu dimensionamento, conforme ilustrado pela figura 10.

Para tanto foram utilizados os métodos propostos pela NBR 15527 (2007) que são: os métodos de Rippl, Prático Alemão e de Azevedo Neto, além desses utilizou-se o programa Netuno 2.1.

Realizou-se uma comparação entre eles analisando a viabilidade e eficiência, por meio do volume do reservatório, além de uma análise crítica de cada método.

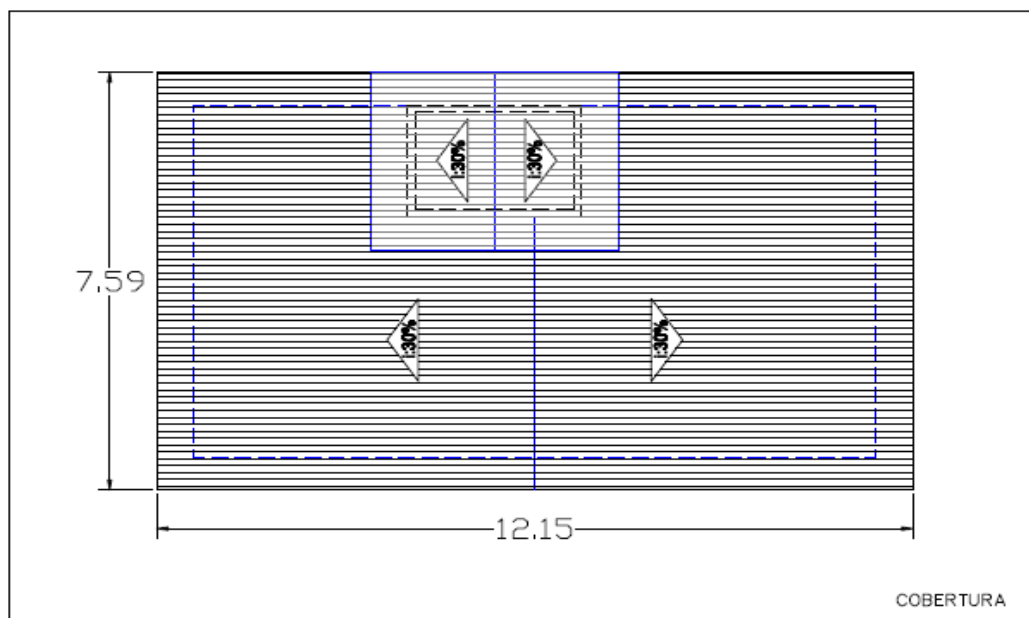


Figura 9. Cobertura da edificação de estudo.

Fonte: Planta de casa popular fornecida pela Secretaria de Planejamento da prefeitura de Goiânia.

4 RESULTADOS OBTIDOS

Para os cálculos de dimensionamento de reservatório de água de chuva pelos métodos da NBR 15527, consideraram-se dados de chuva de um período de 20 anos, sendo 1.646,11 mm a precipitação anual média desse período. A área de captação considerada é 92,23 m², como citado anteriormente, e o coeficiente de escoamento superficial adotado é 0,90, sendo o valor geralmente considerado pelos pesquisadores, independente do material da área de captação. O filtro considerado para a operação do sistema é o modelo VF1, da marca 3P Technik do Brasil Ltda. Em função deste modelo, o coeficiente de aproveitamento do sistema utilizado é de 0,70, o que indica uma perda de 30% no sistema (Aguasave, 2009).

Considerando que a água potável a ser substituída será na torneira de jardim e na bacia sanitária, o total de água potável a ser substituída pela água pluvial é de 22%, sendo 19% o consumo médio da bacia sanitária e 3% o consumo médio da torneira de jardim na cidade de Goiânia.

Para o preenchimento dos campos do Programa Netuno foi considerado:

- Reservatório Superior (Reserva de consumo de água pluvial para 01 dia):

$$RS = 5 \text{ pessoas} \times 156 \text{ litros/hab.dia} \times 0,22$$

$$RS = 171,60 \text{ litros}$$

- Reservatório Inferior (Diferença entre o volume calculado pelo método da norma e o volume da reserva de consumo de água pluvial para 01 dia)

$$RI = V - RS$$

4.1 MÉTODO DE RIPPL

Para este método adotou-se os seguintes parâmetros:

$$C = 0,90$$

$$\text{Precipitação da chuva} = 1.646,11 \text{ mm}$$

$$\text{Área de captação} = 92,23 \text{ m}^2$$

$S(t)$ - volume de água no reservatório no tempo t ;

$Q(t)$ - é o volume de chuva aproveitável no tempo t ;

D - demanda ou consumo no tempo t ;

V - volume do reservatório

- a) $D(t)$ = Consumo de água de chuva no período $t = 01$ mês para uma residência com 05 pessoas.

Consumo anual de água potável da residência = 156 litros/hab.dia x 5 hab x 365 dias = 284.700 litros/ano.

Consumo de água pluvial no período de 01 ano = consumo de água potável x porcentagem a ser substituída

Consumo de água pluvial no período de 01 ano = 284.700 x 0,22 = 62.634 litros.

Consumo de água pluvial mensal é igual ao consumo de água pluvial anual dividido pela quantidade de meses no ano (12 meses).

Consumo de água pluvial mensal = 62.634 ÷ 12 = 5.219,5 litros.

Teoricamente, para efeito de projeto, este valor é constante durante todo o ano, ou seja, é o mesmo valor para o cálculo de todos os períodos.

- b) $S(t) = D(t) - Q(t)$

O método de Rippl só se aplica quando o volume total captado em um determinado período é maior ou igual ao volume total demandado neste período.

- c) $Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva (t)} \times \text{área de captação}$

Será feita para dados de chuva de series históricas mensais.

Janeiro:

$Q(1) = 0,9 \times 272,3 \times 92,23 = 22.602,81$ litros.

$S(1) = D - Q(1) = 5.219,5 - 22.602,81 = -17.383,31$ litros.

Fevereiro:

$$Q(2) = 0,9 \times 207,0 \times 92,23 = 17.182,45 \text{ litros.}$$

$$S(2) = D - Q(2) = 5.219,5 - 17.182,45 = -11.962,95 \text{ litros.}$$

Março:

$$Q(3) = 0,9 \times 256,1 \times 92,23 = 21.258,10 \text{ litros.}$$

$$S(3) = D - Q(3) = 5.219,5 - 21.258,10 = -16.008,60 \text{ litros.}$$

Abril:

$$Q(4) = 0,9 \times 127,5 \times 92,23 = 10583,40 \text{ litros.}$$

$$S(4) = D - Q(4) = 5.219,5 - 10.583,40 = -5.363,90 \text{ litros.}$$

Maior:

$$Q(5) = 0,9 \times 26,5 \times 92,23 = 2.199,70 \text{ litros.}$$

$$S(5) = D - Q(5) = 5.219,5 - 2.199,70 = 3.019,80 \text{ litros.}$$

Junho:

$$Q(6) = 0,9 \times 15,2 \times 92,23 = 1.261,71 \text{ litros.}$$

$$S(6) = D - Q(6) = 5.219,5 - 1.261,71 = 3.957,79 \text{ litros.}$$

Julho:

$$Q(7) = 0,9 \times 4,52 \times 92,23 = 373,53 \text{ litros.}$$

$$S(7) = D - Q(7) = 5.219,5 - 373,53 = 4.845,97 \text{ litros.}$$

Agosto:

$$Q(8) = 0,9 \times 18,1 \times 92,23 = 1.502,43 \text{ litros.}$$

$$S(8) = D - Q(8) = 5.219,5 - 1.502,43 = 3.717,07 \text{ litros.}$$

Setembro:

$$Q(9) = 0,9 \times 50,51 \times 92,23 = 4.191,85 \text{ litros.}$$

$$S(9) = D - Q(9) = 5.219,5 - 4.191,85 = 1.027,65 \text{ litros.}$$

Outubro:

$$Q(10) = 0,9 \times 174,44 \times 92,23 = 14.476,42 \text{ litros.}$$

$$S(10) = D - Q(10) = 5.219,5 - 14.476,42 = -9.256,92 \text{ litros.}$$

Novembro:

$$Q(11) = 0,9 \times 211,70 \times 92,23 = 17.572,58 \text{ litros.}$$

$$S(11) = D - Q(11) = 5.219,5 - 17.572,58 = -12.353,08 \text{ litros.}$$

Dezembro:

$$Q(12) = 0,9 \times 282,20 \times 92,23 = 23.424,60 \text{ litros.}$$

$$S(12) = D - Q(12) = 5.219,5 - 23.424,60 = -18.205,10 \text{ litros.}$$

- d) O volume do reservatório será a máxima de diferença acumulada positiva, somente para valores de $S(t)$ maior que zero

$$V = \sum S(t),$$

$$V = S(5) + S(6) + S(7) + S(8) + S(9)$$

$$V = 3.019,80 + 3.957,79 + 4.845,97 + 3.717,07 + 1.027,65$$

$$\mathbf{V = 16.568,28 \text{ litros (16,57 m}^3\text{)}}$$

Netuno

Arquivo Ajuda Citação Validação Sobre

Carregar simulação previamente salva

Carregar dados de precipitação

dados de chuva netuno_09_12_09.xls

Dias analisados: 8033

Área de captação (m²)
92,23

Demanda de água potável

Fixa

Variável [Ver demanda](#)

Demanda de água potável (litros per capita/dia)
156

Número de moradores
5

Porcentagem de água potável a ser substituída por pluvial
Outro valor 22

Coefficiente de aproveitamento
0,7 (70% de aproveitamento)

Observações
Preencha este campo para consultas futuras, caso queira salvar a simulação. Este campo não afeta os cálculos.

Reservatório superior

Volume igual à demanda diária de água pluvial

Entrar com um volume desejado: 171,6

Não utilizar reservatório superior

Reservatório inferior

Cálculo para um reservatório

Cálculo para diversos reservatórios

Intervalo da Simulação

Volume do Reservatório inferior (litros): 16396,68

Potencial de economia: 18,37%

Volume extravasado: 36620,2 litros/ano

Porcentagem de dias no período de análise em que a demanda de água pluvial é atendida:

- Completamente: 82,95%
- Parcialmente: 1,16%
- Não atende: 15,9%

Consumo total mensal: 26974,9 litros

[Simular](#)

[Salvar simulação atual](#) [Limpar campos](#)

Figura 10. Simulação do volume calculado pelo método de Rippl feita através do Programa Netuno.

4.2 MÉTODO AZEVEDO NETO

Empregando a equação (2.6), e com os dados necessários a seguir, tem-se:

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

$$P = 1.646,11 \text{ mm}$$

$$A = 92,23 \text{ m}^2$$

$$T = 5 \text{ meses}$$

$$V = 0,042 \times 1.646,11 \times 92,23 \times 5$$

$$\mathbf{V = 31.882,35 \text{ litros (31,88 m}^3\text{)}}$$

Netuno

Arquivo Ajuda Citação Validação Sobre

Carregar simulação previamente salva

Carregar dados de precipitação

dados de chuva netuno_09_12_09.xls

Dias analisados: 8033

Área de captação (m²)
92,23

Demanda de água potável

Fixa

Variável

Demanda de água potável (litros per capita/dia)
156

Número de moradores
5

Porcentagem de água potável a ser substituída por pluvial
Outro valor 22

Coefficiente de aproveitamento
0,7 (70% de aproveitamento)

Observações
Preencha este campo para consultas futuras, caso queira salvar a simulação. Este campo não afeta os cálculos.

Reservatório superior

Volume igual à demanda diária de água pluvial

Entrar com um volume desejado: 171,6

Não utilizar reservatório superior

Reservatório inferior

Cálculo para um reservatório

Cálculo para diversos reservatórios

Intervalo da Simulação

Volume do Reservatório inferior (litros): 31710,75

Potencial de economia: 21,8%

Volume extravasado: 26161,8 litros/ano

Porcentagem de dias no período de análise em que a demanda de água pluvial é atendida:

- Completamente: 98,98%
- Parcialmente: 0,19%
- Não atende: 0,83%

Consumo total mensal: 26974,9 litros

Figura 11. Simulação do volume calculado pelo método Azevedo Neto feita através do Programa Netuno.

4.3 MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

O Método Prático Alemão considera o Volume Adotado como o mínimo de (volume anual de consumo e volume anual precipitado aproveitável) x 0,06 (6 %).

a) Volume Anual de Consumo

Para volume anual de consumo será considerada uma residência ocupada por cinco (05) pessoas e o consumo diário de água “*per capita*” igual à 156 litros/hab.dia, sendo que este valor é a média na cidade de Goiânia.

Consumo diário de água “*per capita*” em Goiânia: 156 litros/hab.dia.

Consumo diário de água em uma residência com 5 pessoas: $156 \times 5 = 780$ litros/dia.

Consumo anual de água em uma residência com 5 pessoas: $780 \times 365 \text{ dias} = 284.700 \text{ litros/ano} \times 0,22$ (porcentagem a ser substituída) = 62.634 litros.

Volume anual do consumo: 62.634 litros (62,63 m³).

b) Volume Anual de Precipitação Aproveitável

$$V_{ap} = C_p \times P \times A$$

$$C_p = 0,70$$

$$P = 1.646,11 \text{ mm}$$

$$A = 93,23 \text{ m}^2$$

$$V_{ap} = 0,70 \times 1.646,11 \times 92,23$$

$$\mathbf{V_{ap} = 106.274,51 \text{ litros (106,27 m}^3\text{)}}$$

Como o valor mínimo de 62.634 ou 106.274,51 é igual à 62.634, o Volume Adotado é:

$$\text{Volume Adotado} = 62.634 \times 0,06$$

$$\mathbf{\text{Volume Adotado} = 3.758,04 \text{ litros (3,76 m}^3\text{)}}$$

Netuno

Arquivo Ajuda Citação Validação Sobre

Carregar simulação previamente salva

Carregar dados de precipitação

dados de chuva netuno_09_12_09.xls

Dias analisados: 8033

Área de captação (m²)
92,23

Demanda de água potável

Fixa

Variável

Demanda de água potável (litros per capita/dia)
156

Número de moradores
5

Porcentagem de água potável a ser substituída por pluvial

Outro valor

Coefficiente de aproveitamento

0,7 (70% de aproveitamento)

Observações

Preencha este campo para consultas futuras, caso queira salvar a simulação. Este campo não afeta os cálculos.

Reservatório superior

Volume igual à demanda diária de água pluvial

Entrar com um volume desejado:

Não utilizar reservatório superior

Reservatório inferior

Cálculo para um reservatório

Cálculo para diversos reservatórios

Intervalo da Simulação

Volume do Reservatório inferior (litros):

Potencial de economia: 13,95%

Volume extravasado: 49769,4 litros/ano

Porcentagem de dias no período de análise em que a demanda de água pluvial é atendida:

- Completamente: 62,38%
- Parcialmente: 2,34%
- Não atende: 35,28%

Consumo total mensal: 26974,9 litros

Figura 12. Simulação do volume calculado pelo método Prático Alemão feita através do Programa Netuno.

4.4 SIMULAÇÃO PARA MÁXIMA EFICIÊNCIA

Para alcançar a eficiência máxima possível, foram realizados testes com dados no programa Netuno, e com isso atingiu-se um volume de 33.571,60 litros (33,57 m³) e 99,34% de potencial de dias de atendimento completo, sendo este o valor mais próximo de

100%. Ainda que seja utilizado um volume maior do reservatório, a eficiência não ultrapassará 99,34%.

The screenshot shows the Netuno software interface with the following settings and results:

- Buttons:** Carregar simulação previamente salva, Carregar dados de precipitação
- Data:** dados de chuva netuno_09_12_09.xls
- Inputs:**
 - Dias analisados: 8033
 - Área de captação (m²): 92,23
 - Demanda de água potável: Fixa (selected)
 - Demanda de água potável (litros per capita/dia): 156
 - Número de moradores: 5
 - Porcentagem de água potável a ser substituída por pluvial: 22
 - Coefficiente de aproveitamento: 0,7 (70% de aproveitamento)
- Reservatório superior:** Entrar com um volume desejado: 171,60
- Reservatório inferior:** Cálculo para um reservatório (selected)
- Intervalo da Simulação:** Volume do Reservatório inferior (litros): 33400
- Results:**
 - Potencial de economia: 21,86%**
 - Volume extravasado: 25892 litros/ano
 - Porcentagem de dias no período de análise em que a demanda de água pluvial é atendida:
 - Completamente: 99,34%
 - Parcialmente: 0,07%
 - Não atende: 0,59%
 - Consumo total mensal: 26974,9 litros
- Buttons:** Simular, Salvar simulação atual, Limpar campos
- Observações:** Preencha este campo para consultas futuras, caso queira salvar a simulação. Este campo não afeta os cálculos.

Figura 13. Simulação do volume máximo pelo Netuno.

5 CONCLUSÃO

O método de dimensionamento para reservatório de água pluvial influencia diretamente na eficiência do sistema e na sua viabilidade construtiva e econômica. Dentre os métodos da norma que são abordados neste estudo, pode-se verificar uma grande variação entre as dimensões dos reservatórios calculados, fator predominante na viabilidade de implantação de todo o sistema, já que o reservatório inferior é o item de maior peso econômico.

No método de Rippl o reservatório calculado possui um volume de 16,57 m³, de acordo com a simulação do programa Netuno para este volume foi apresentado um potencial de dias de atendimento completo de 82,95% e o potencial de economia alcançado foi de 18,37%, considerando um consumo mensal de 26.974,90litros.

Já no método de Azevedo Neto o volume do reservatório calculado foi de 31,88 m³ e pelo programa Netuno apresentou um potencial de dias de atendimento completo de 98,98% e um potencial de economia de 21,80%, para um mesmo consumo mensal do método de Rippl.

E no método Prático Alemão o volume obtido foi de 3,76 m³ e pelo programa Netuno apresentou um potencial de dias de atendimento completo de 62,38% que representa um potencial de economia de 13,95%, também para um consumo mensal de 26.974,90litros.

Se o sistema fosse atender a 100% do consumo de água que é substituída pela água pluvial o potencial de economia atingiria os 22% que representa o total da água que o sistema pretende suprir. No entanto o método de dimensionamento que atingiu a maior eficiência foi o método do Azevedo Neto, com 21,80%, porém é necessário um reservatório de volume extremamente grande, se tornando economicamente e tecnicamente inviável considerando as dimensões de uma residência unifamiliar.

Embora haja grande dispersão entre os valores obtidos pelos métodos avaliados, a escolha do método mais adequado varia em função da região de implantação e dos interesses finais de implantação. Em regiões com baixo índice pluviométrico, deve-se utilizar métodos que superdimensionam o reservatório, como o Método Azevedo Neto, uma vez que a água coletada nos períodos de chuva possa suprir a demanda nos períodos

de seca. Já em regiões com alto índice pluviométrico, o ideal seria a adoção de métodos mais conservadores, como o Prático Alemão, que resultam em valores bem menores de dimensão de reservatório.

O método Azevedo Neto, apesar de apresentar o maior potencial de economia, resulta em um reservatório consideravelmente grande para uma residência de 5 pessoas. Já o método Prático Alemão se mostrou coerente com a situação, apresentando um bom potencial de economia em relação ao Azevedo Neto, pois com um volume quase 9 vezes menor, apresentou 13,95% de potencial de economia em relação aos 21,80% do Azevedo Neto. O método de Rippl se mostrou bastante razoável também, apresentando um volume intermediário entre os outros 2 métodos, e com um bom potencial de economia, levando em conta também sua metodologia, que avalia o volume do reservatório pensando não no período de chuva, mas sim na seca, que é quando o reservatório se mostra realmente útil.

6 BIBLIOGRAFIA

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527 – Água de Chuva – Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas Para Fins Não potáveis – Requisitos, 2007.

AMORIM, S.V.; PEREIRA, D.J.A. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial.** Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

ANA. Agência Nacional de Águas. **A sociedade e o uso da água.** Brasília, 2005.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil.** Caderno de Recursos Hídricos 2. Brasília, 2007.

ANA. Agência Nacional de Águas. Dados de Precipitação da Cidade de Goiânia, 2001. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acessado em: Setembro de 2009.

AQUASAVE (BELLA CALHA). Disponível em: http://www.acquasave.com.br/index_acqua.php3. Acessado em: Setembro de 2009.

CAMPOS, M.A.S. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos.** São Carlos. 2004. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

CAMPOS, M.A.S. *et al.* Sistema de aproveitamento de água pluvial: aspectos qualitativos e quantitativos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS, 10., 2007, São Carlos. **Anais...**São Carlos: UFSCar, 2007. 1 CD-ROM.

COELHO FILHO, J. M. **Análise de desempenho de reservatório de armazenamento de água de chuva no suprimento domiciliar e controle do escoamento nas cidades de Natal e Caicó.** 2005. 64p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.

FERREIRA, D.F. **Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um condomínio residencial localizado em Florianópolis-SC.** Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2005.

FEWKES, A.; BUTLER, D. The Sizing of Rainwater Stoes Using Behavioural Models. In: INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE, 9th, 1999, Petrolina, Brazil. **Proceedings...**Petrolina: IRCSA, 1999.

FRASIER, G.W. **Proceedings of water harvesting symposium**. Berkeley: USDA (United States Agricultural Research Service), 1975.

GHISI, E. Potential for Potable Water Savings by Using Rainwater in the Residential Sector of Brazil. **Building and Environment**, v.41, n.11, 2006. (2006a).

GHISI, E. **Influência da precipitação pluviométrica, área de captação, número de moradores e demandas de água potável e pluvial no dimensionamento de reservatórios para fins de aproveitamento de água pluvial em residências unifamiliares**. 2006. 63p. Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Civil como requisito parcial para participação em concurso público – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. (2006b).

GOLDENFUM, J.A. **Reaproveitamento de Águas Pluviais**. UFRGS-RS. RS. 2005.

HAUGHT, D; WYCKOFF, I. **Water Project**. Disponível em : <http://www.awish-hellas.org/publications.html>. Acesso em: setembro de 2009.

HERNANDES, A.T.; CAMPOS, M.A.S.; AMORIM, S.V. Análise de Custo da Implantação de um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial Para Uma Residência Unifamiliar na Cidade de Ribeirão Preto, In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10, 2004, e CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1, 2004, São Paulo, Brasil. **Anais...**São Paulo: ANTAC, 2004.

MARINOSKI, A.K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: Estudo de caso em Florianópolis – SC**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2007.

MAY, S.; PRADO, R.T.A. Estudo da Qualidade da Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações. CLACS' 04 – I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, São Paulo – SP, **Anais** Cd Rom, 2004.

OLIVEIRA, Lúcia Helena. **Guia de Conservação da Água em Domicílios**. FUNASA – Fundação Nacional de Saúde – Ministério da Saúde. Goiânia – GO. 2005. 60p.

RICARDO FRANCI GONÇALVES *et al* – Uso Racional da Água em Edificações – PROSAB, 2006;

ROCHA, V.L. **Análise comparativa entre o método de Rippl e o programa computacional Netuno para dimensionamento de reservatórios destinados ao armazenamento de águas pluviais**. Trabalho apresentado à disciplina de Uso Racional de Água em Edificações, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

ROCHA, V.L. **Validação do Algoritmo do Programa Netuno Para Avaliação do Potencial de Economia de Água Potável e Dimensionamento de Reservatórios de Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial em Edificações**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2009.

SIMIONI, W.I.; GHISI, E.; GÓMEZ, L.A. Potencial de economia de água tratada através do aproveitamento de águas pluviais em postos de combustíveis: estudo de caso. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1., ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004.

Diagnóstico dos serviços de água e esgoto de 2007 – Parte I – Visão geral da prestação de serviços – Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS), 2009;

TERPSTRA, P.M.J. Sustainable water usage systems: model for the sustainable utilization of domestic water in urban areas. **Water Science technology**, v.39 n.5, p.65-72, 1999.

THOMAZ, E. Sistemas construtivos para habitações de interesse social: proposta de avaliação e classificação pela relação custo/benefício. In: SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO SOBRE TÉCNICAS CONSTRUTIVAS INDUSTRIALIZADAS PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL, 3., São Paulo, 1993. *Anais*. São Paulo, IPT/CYTED, 1993.

TOMAZ, P. **Conservação da Água**. Editora Parma. São Paulo, 1998.

WHO. World Health Organization. In: *The Right to Water*. Cap II, General Comment on the Right to Water, pp.12-21.2003

ZOLET, M. **Potencial de Aproveitamento de água de chuva para uso residencial na região urbana de Curitiba**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUC-PR, Curitiba, 2005.